



TUGAS AKHIR (14-1501)

**PEMANFAATAN BENDUNG GERAK
JATIMLEREK JOMBANG SEBAGAI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKRO HIDRO**

**SURYANI PUTRI LISTIYANTO
NRP 31 11 100 014**

**Dosen Pembimbing :
Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.
M. Bagus Ansori, ST., MT., MSc.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT (14-1501)

**UTILIZATION OF JATIMLEREK JOMBANG
MOTION WEIR AS MICRO HYDRO
POWER PLANT**

**SURYANI PUTRI LISTIYANTO
NRP 31 11 100 014**

**Academic Supervisor :
Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.
M. Bagus Ansori, ST., MT., MSc.**

**DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**

**PEMANFAATAN BENDUNG GERAK JATIMLEREK,
JOMBANG SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MIKRO HIDRO**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SURYANI PUTRI LISTIYANTO

NRP. 3111 100 014

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Techn. Umboro L., ST., MSc..... (Pembimbing I)

2. M. Bagus Ansori, ST., MT., MSc..... (Pembimbing II)



**SURABAYA
15 JUNI 2015**

PEMANFAATAN BENDUNG GERAK JATIMLEREK, JOMBANG SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO

Nama Mahasiswa : Suryani Putri Listiyanto
NRP : 3111 100 014
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Techn. Umboro L., ST., MSc.
M. Bagus Ansori, ST., MT., MSc.

Abstrak

PLTMH adalah salah satu alternatif pembangkit listrik yang dapat mengatasi kekurangan sumber energi listrik terutama di daerah terpencil. Dalam tugas akhir ini akan direncanakan PLTMH dengan memanfaatkan Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang yang diharapkan dapat membantu masyarakat sekitarnya untuk memenuhi kebutuhan listrik. Perhitungannya dimulai dari analisa untuk mengetahui potensi daya dan energi listrik, perencanaan bangunan pembangkit PLTMH, dan analisa ekonominya. Dari hasil analisa diketahui debit andalan untuk PLTMH sebesar $7,98 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan diirencanakan tinggi jatuh sebesar 4 m. Karena Sungai Brantas di Jombang terletak di daerah dataran rendah yang mempunyai nilai kemiringan yang kecil, maka letak rumah turbinnya sangat jauh. Setelah dilakukan perhitungan kehilangan energi, didapatkan head efektif untuk PLTMH sebesar 3,71 m, sehingga daya yang dapat dihasilkan oleh PLTMH sebesar 197,49 kW atau setara dengan 1.730.012 kWh. Analisa ekonomi menghasilkan nilai biaya pembangunan PLTMH sebesar Rp 16.550.000.000,- (Enam belas milyar lima ratus lima puluh juta rupiah). Sedangkan analisa kelayakan yang dihitung dengan tiga metode yaitu NPV, BCR, dan PbP memberikan hasil bahwa PLTMH ini layak.

Kata kunci: *PLTMH, Bendung Gerak Jatimlerek, debit, head, listrik, analisa ekonomi, analisa kelayakan.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UTILIZATION OF JATIMLEREK JOMBANG MOTION WEIR AS MICRO HYDRO POWER PLANT

Student Name : Suryani Putri Listiyanto
NRP : 3111 100 014
Departement : Teknik Sipil FTSP-ITS
Academic Supervisor : Dr. Techn. Umboro L., ST., MSC.
M. Bagus Ansori, ST., MT., MSc.

Abstract

Micro Hydro Power Plant (MHPP) is one of another alternative power plant which could be the solution of electrical energy especially in small village. In this final, will be planned MHPP by using Jatimlerek Jombang Motion Weir to help villagers to fulfill electricity needs. Calculation was started from analyzed to determine the potential of the power and energy, plant construction planning MHPP, and economic analysis. The results of the analysis are known for MHPP discharge is 7,98 m³/s and head design is 4 m. Because of the Brantas River in Jombang located in lowland areas that have a small slope, then the location of Powerhouse far away. After the calculation of energy loss, the effective head for MHPP obtained by 3,71 m, so that power can be generated by the MHPP is 197,49 kW or 1.730.012 kWh. Economic analysis bring out budgets plan is Rp 16.550.000.000,- . While a feasibility analysis was calculated with tree methods there are NPV, BCR, and PbP giving a results that MHPP is feasible.

Kata kunci: MHPP, Jatimlerek Motion Weir, Discharge, Head, Electricity, economic analysis, feasibility analysis.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya serta kekuatan dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **PEMANFAATAN BENDUNG GERAK JATIMLEREK JOMBANG SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO** ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan yang harus dibuat oleh setiap mahasiswa untuk menyelesaikan Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya. Dengan adanya Tugas Akhir ini diharapkan akan menambah wawasan tentang teknik sipil khususnya pengetahuan tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

Dalam kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Allah SWT. atas segala limpahan rahmat dan karunia-nya.
2. Kedua orangtua, Ibu dan Ayah yang telah memberikan dukungan secara moril dan material.
3. Bapak Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., MSc. dan Bapak M. Bagus Ansori, ST., MT., MSc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan kami dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Teman-teman S54 yang telah membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Teman-teman Suku Air 2011 yang bersedia untuk meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan membantu memberikan saran dan nasehat serta motivasinya.
6. Hajar, Ghyo, Empod, Ucil, Farvo, Cupy, Jubek, Deponk, Melisa yang telah memberikan semangat dan hiburan di sela-sela pengerjaan tugas akhir.

7. Heriamzah yang selalu memberi motivasi dan semangat agar penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini tepat waktu.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini mungkin masih terdapat banyak kekurangan, oleh sebab itu kritik dan saran dari berbagai pihak akan sangat membantu. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan kita semua.

Surabaya, 15 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip Kerja PLTMH	5
2.2. Analisa Dan Perhitungan	6
2.2.1. Analisa Debit	6
2.2.2. Analisa Elevasi	8
2.2.3. Analisa Sedimentasi	8
2.3. Perencanaan Bangunan Pembangkit	9
2.3.1. Perencanaan Pintu Pengambilan (<i>Intake</i>)	10
2.3.2. Perencanaan <i>Trash Rack</i>	14
2.3.3. Perencanaan Bak Pengendap Sedimen	15
2.3.4. Perencanaan Saluran Pengarah	18
2.3.5. Perencanaan Bak Tampungan	19
2.3.6. Perencanaan Pipa Pesat (<i>Penstock</i>)	19
2.3.7. Pemilihan Jenis Turbin	21
2.3.8. Perencanaan Rumah Turbin (<i>Power House</i>)	22

2.4. Estimasi Kehilangan Energi	23
2.4.1. Kehilangan Energi Karena <i>Intake</i>	23
2.4.2. Kehilangan Energi Karena <i>Trash Rack</i>	23
2.4.3. Kehilangan Energi Pada <i>Inlet</i> Pipa	24
2.4.4. Kehilangan Energi Pada Gesekan Pipa	24
2.4.5. Kehilangan Energi Pada Belokan Pipa	24
2.5. Perhitungan Kapasitas Tenaga Air	25
2.6. Analisa Ekonomi	26
2.6.1. Investasi Awal	26
2.6.2. Estimasi Manfaat	26
2.6.3. Analisa Kelayakan Ekonomi	28

BAB III METODOLOGI

3.1. Studi Literatur	31
3.2. Pengumpulan Data	31
3.3. Perencanaan Lokasi PLTMH	32
3.4. Analisa Dan Perhitungan	32
3.5. Perencanaan Bangunan Pembangkit	32
3.6. Estimasi Kehilangan Energi	32
3.7. Perhitungan Kapasitas Tenaga Air	33
3.8. Analisa Ekonomi	33
3.9. Kesimpulan	33
3.10. Diagram Alir	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Dan Perhitungan	35
4.1.1. Analisa Debit	35
4.1.2. Analisa Elevasi	38
4.1.3. Analisa Sedimentasi	40
4.2. Perencanaan Bangunan Pembangkit	41
4.2.1. Perencanaan Pintu Pengambilan (<i>Intake</i>)	41
4.2.2. Perencanaan <i>Trash Rack</i>	44
4.2.3. Perencanaan Bak Pengendap Sedimen	45
4.2.4. Perencanaan Saluran Pengarah	47
4.2.5. Perencanaan Bak Tampung	48

4.2.6. Perencanaan Pipa Pesat (<i>Penstock</i>)	49
4.2.7. Pemilihan Jenis Turbin	51
4.2.8. Perencanaan Rumah Turbin (<i>Power House</i>)	51
4.3. Estimasi Kehilangan Energi	52
4.3.1. Kehilangan Energi Karena <i>Intake</i>	52
4.3.2. Kehilangan Energi Karena <i>Trash Rack</i>	53
4.3.3. Kehilangan Energi Pada Inlet Pipa	53
4.3.4. Kehilangan Energi Pada Gesekan Pipa	53
4.3.5. Kehilangan Energi Pada Belokan Pipa	54
4.4. Perhitungan Kapasitas Tenaga Air	54
4.5. Analisa Ekonomi	55
4.5.1. Investasi Awal	55
4.5.2. Estimasi Manfaat	56
4.5.3. Analisa Kelayakan Ekonomi	57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran	64

DAFTAR PUSTAKA	65
BIODATA PENULIS	113

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Koefisien Kb Sebagai Sudut Belokan Pipa	25
Tabel 2.2. Nilai Konversi Produksi Emisi	27
Tabel 4.1. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya PLTMH ...	56
Tabel 4.2. Aliran <i>Cash Flow</i>	59
Tabel 4.3. Akumulasi <i>Net Cash Flow</i>	61

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Perencanaan PLTMH di Bendung Gerak Jatimlerek Jombang	2
Gambar 2.1. Skema Prinsip Kerja PLTMH	5
Gambar 2.2. Koefisien K untuk aliran tenggelam	10
Gambar 2.3. Gaya-gaya yang Bekerja pada Daun Pintu	11
Gambar 2.4. Momen pada Daun Pintu	11
Gambar 2.5. Potongan Pintu	12
Gambar 2.6. Potongan Memanjang Dan Melintang <i>Trash Rack</i>	15
Gambar 2.7. Sketsa Bak Pengendap Sedimen	15
Gambar 2.8. Grafik Hubungan Diameter Saringan Dan Kecepatan Endap Lumpur Untuk Air Tenang	17
Gambar 2.9. Sketsa Bak Tampungan	19
Gambar 2.10. Grafik Pemilihan Turbin	22
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	34
Gambar 4.1. Grafik <i>Duration Curve</i> Debit Sungai	37
Gambar 4.2. Analisa Kemiringan Sungai	39
Gambar 4.3. Desain Bak Pengendap Sedimen	46
Gambar 4.4. Desain Bak Tampungan	49
Gambar 4.5. Desain Pipa Pesat	50
Gambar 4.6. <i>Fixed Blade Kaplan Turbine</i>	51
Gambar 4.7. Denah <i>Powerhouse</i>	52

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Skema Dan Potongan Memanjang PLTMH	67
Lampiran 2	Detail <i>Intake</i> Dan Bak Pengendap Sedimen	68
Lampiran 3	Detail Bak Tampungan Dan Pipa Pesat	69
Lampiran 4	Detail <i>Powerhouse</i>	70
Lampiran 5	Hasil Analisa Grain Size Distribution	71
Lampiran 6	Hasil Analisa Konsentrasi Sedimen	72
Lampiran 7	Data Debit Sungai Brantas – Jombang	73
Lampiran 8	Data Debit Irigasi Harian Desa Jatimlerek – Jombang	91
Lampiran 9	Hasil Perhitungan Rencana Anggaran Biaya PLTMH	105

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin padatnya penduduk di Indonesia ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi oleh masyarakat. Salah satunya adalah energi listrik. Energi listrik bisa didapat dari air. Di dalam air tersimpan energi potensial dan energi kinetik. Energi yang dimiliki air tersebut dapat diubah dan dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerakannya seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi jatuhnya air (*head losses*) dan jumlah debit air yang masuk. PLTMH ini memiliki tiga komponen utama yaitu air, turbin, dan generator. PLTMH dipilih karena merupakan salah satu alternatif yang ramah lingkungan, dapat diperbarui, tahan lama, dan biaya operasinya relatif kecil.

Untuk perencanaan PLTMH ini memanfaatkan Bendung Gerak Jatimlerek Jombang pada Sungai Brantas yang terletak di Desa Jatimlerek, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang. Bendung gerak ini digunakan untuk menaikkan muka air Sungai Brantas bagian tengah pada musim kemarau serta untuk mensuplai air irigasi pada persawahan dengan luas 4.549 hektar. Bendung ini memiliki tipe operasi isian udara, sehingga lebih dikenal dengan sebutan “*dam karet*”. Selain digunakan untuk irigasi, bendung ini juga digunakan untuk pengendali banjir Sungai Brantas, khususnya pada bagian hilir yang melewati Kota Surabaya. Bendung gerak ini memiliki 6 buah pintu serta memiliki lebar dasar 150 meter. Lokasi perencanaan PLTMH di Bendung Gerak Jatimlerek Jombang dapat dilihat pada gambar 1.1. di bawah ini:



Gambar 1.1. Lokasi Perencanaan PLTMH di Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang

Untuk menambah pasokan listrik di Desa Jatimlerek Jombang dan sekitarnya, maka pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan PLTMH dengan memanfaatkan Bendung Gerak Jatimlerek Jombang. Meskipun daya listrik yang dihasilkan kecil dan tidak sebanyak PLTA, akan tetapi adanya PLTMH ini diharapkan dapat membantu menambah pasokan listrik untuk masyarakat sekitar.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir dengan judul Pemanfaatan Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ini terdapat dalam detail permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa debit andalan yang bisa dimanfaatkan untuk debit pembangkitan PLTMH?
2. Berapa tinggi efektif yang dapat dimanfaatkan untuk PLTMH?

3. Bagaimanakah desain PLTMH yang sesuai?
4. Berapa besar daya dan energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTMH?
5. Berapa besarnya biaya pembangunan PLTMH dan bagaimana analisa kelayakannya?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir dengan judul Pemanfaatan Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh debit andalan yang bisa dimanfaatkan untuk debit pembangkitan PLTMH.
2. Memperoleh tinggi efektif yang bisa dimanfaatkan untuk PLTMH.
3. Memperoleh desain PLTMH yang sesuai pada Bendung Gerak Jatimlerek Jombang.
4. Memperoleh daya dan energi listrik yang bisa dihasilkan oleh PLTMH.
5. Memperoleh total biaya yang dibutuhkan untuk membangun PLTMH ini dan analisa kelayakannya.

1.4. Batasan Masalah

Dalam pembahasan permasalahan yang akan dilakukan pada tugas akhir ini dibatasi oleh beberapa hal, yaitu:

1. Tidak membahas tentang metode pelaksanaan PLTMH.
2. Tidak membahas tentang instalasi *Mechanical Electrical* dan jaringan transmisi dan distribusi PLTMH secara menyeluruh.
3. Tidak membahas tentang stabilisasi bangunan pembangkit dan pondasi rumah turbin.

1.5. Manfaat

Manfaat yang didapat dari penulisan tugas akhir dengan judul Pemanfaatan Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro adalah sebagai berikut:

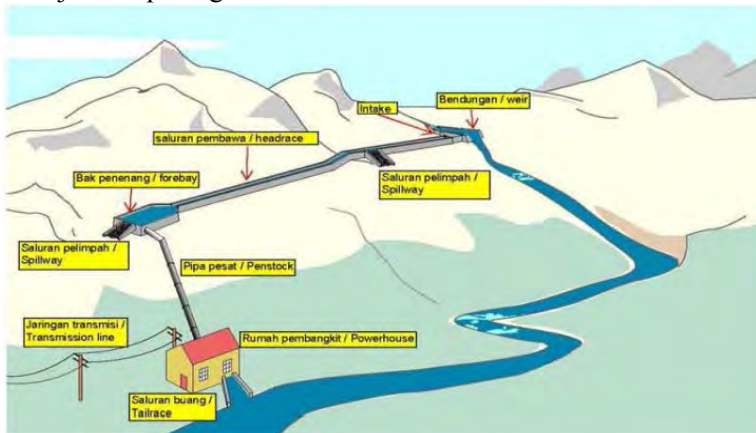
1. Bagi penulis, dapat mengaplikasikan ilmu yang didapat dari bangku kuliah tentang ketekniksipilan.
2. Memberikan ilmu pengetahuan tentang perencanaan dan perhitungan biaya yang diperlukan untuk membangun suatu PLTMH.
3. Memberikan acuan kepada pemerintah atau instansi terkait sebagai bahan pertimbangan untuk membangun PLTMH sebagai alternatif sumber energi listrik guna membantu menambah pasokan listrik khususnya di daerah terpencil.
4. Mengajarkan kepada masyarakat untuk peduli lingkungan, karena dengan adanya PLTMH ini kita dapat menggunakan sumber energi yang ramah lingkungan, dapat diperbarui, murah, tahan lama, dan mudah didapatkan.
5. Memberikan referensi kepada pembaca untuk dijadikan sumber informasi dan perbandingan dalam melakukan perencanaan atau pengembangan PLTMH selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip Kerja PLTMH

PLTMH memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator. Air yang mengalir dengan debit dan ketinggian tertentu disalurkan melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (*powerhouse*). Di rumah instalasi, air akan mengenai turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Putaran poros turbin ini akan memutar generator sehingga dihasilkan energi listrik. Secara skematis prinsip kerja PLTMH ditunjukkan pada gambar 2.1. di bawah ini:



Gambar 2.1. Skema Prinsip Kerja PLTMH

Cara kerja PLTMH dapat diuraikan dalam tahapan berikut:

1. Aliran sungai dibendung agar mendapatkan debit air (Q) dan tinggi jatuh air (H), dalam tugas akhir ini akan memanfaatkan Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang.
2. Air yang dihasilkan disalurkan melalui saluran pengarah menuju ke bak penenang.

3. Bak penenang dihubungkan dengan pipa pesat.
4. Pada bagian paling bawah pipa dipasang turbin air.
5. Turbin akan berputar setelah mendapat tekanan air yang melewati pipa, dan perputaran turbin akan dimanfaatkan untuk memutar generator.
6. Setelah mendapat putaran yang konstan, maka generator akan menghasilkan tegangan listrik yang nantinya akan didistribusikan.

2.2. Analisa dan Perhitungan

Analisa dan perhitungan meliputi analisa debit, analisa elevasi, dan analisa sedimentasi. Hasil dari analisa debit dan elevasi diperlukan untuk merencanakan desain PLTMH yang sesuai. Sedangkan analisa sedimentasi diperlukan untuk mengetahui sedimen yang diijinkan untuk masuk ke turbin.

2.2.1. Analisa Debit

Karena Bendung Gerak Jatimlerek juga digunakan untuk irigasi, maka debit yang dihitung untuk debit pembangkitan PLTMH adalah setengahnya atau 50% dari debit andalan sungai yang sudah dikurangi dengan debit andalan irigasi. Agar tetap ada sisa air yang mengalir di sungai dan bendung gerak tetap dapat beroperasi. Debit sungai yang digunakan untuk keperluan pembangkit listrik minimal 10 tahun yang berupa debit harian.

2.2.1.1. Analisa Debit Irigasi

Debit irigasi yang digunakan adalah debit irigasi harian. Dari debit harian tersebut dihitung debit andalannya. Lalu dipilih debit andalan irigasi 91% yang paling maksimum. Untuk menghitung debit irigasi andalan menggunakan cara Probabilitas *Weibull* berikut ini:

1. Menghitung jumlah data (n).
2. Mengurutkan semua data dari data yang terbesar hingga data yang terkecil per harinya.
3. Memberi nomor urut pada data yang sudah diurutkan.

4. Menghitung probabilitas dengan rumus:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots (2-1)$$

Dimana:

P = probabilitas (%)

m = nomor urut data

n = jumlah data

5. Mencari debit andalan sebesar 91% yang paling maksimum.

2.2.1.2. Analisa Debit Sungai

Debit Sungai Brantas yang digunakan adalah debit pada titik pengukuran debit yang terdekat dari Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang. Dari data debit harian tersebut akan diperoleh debit andalan yang dapat digunakan untuk merencanakan PLTMH. Debit andalan yang dipakai adalah debit andalan 100%. Langkah-langkah untuk perhitungan debit andalan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah data (n).
2. Mengurutkan semua data dari data yang terbesar hingga data yang terkecil.
3. Memberi nomor urut pada setiap data yang sudah diurutkan.
4. Menghitung probabilitas untuk masing-masing data dengan rumus:

$$P = \frac{m}{n} \times 100\% \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana:

P = besarnya probabilitas (%)

m = nomor urut data

n = jumlah data

5. Membuat grafik *Duration Curve* dari perbandingan data debit dan probabilitasnya.
6. Mencari debit andalan dari *Duration Curve* yang telah dibuat sebesar 100%.

Setelah diketahui debit andalan irigasi yang paling maksimum dan debit andalan sungai, maka debit pembangkitan PLTMH dihitung dengan rumus:

$$Q_{\text{PLTMH}} = 50\% (Q_{\text{sungai}} - Q_{\text{irigasi}}) \dots\dots\dots (2-3)$$

2.2.2. Analisa Elevasi

Karena data elevasi muka air di hilir sungai terbatas, maka perlu dilakukan analisa elevasi untuk mendapatkan nilai kemiringan rata-rata sungai yang dapat digunakan untuk mengetahui elevasi hilir sungai. Elevasi hilir sungai nantinya berpengaruh dalam penentuan posisi rumah turbin dan saluran pembuang agar air dapat mengalir kembali ke sungai. Perencanaan lokasi PLTMH dilakukan dengan menggunakan software Google Earth. Setelah diketahui kemiringan, maka dapat ditentukan tinggi jatuh rencananya. Tinggi jatuh efektif untuk PLTMH adalah tinggi jatuh rencana yang sudah dikurangi dengan kehilangan energi yang terjadi dihitung dari pintu pengambilan sampai ke pipa pesat. Rumusnya sebagai berikut:

$$H_{\text{eff}} = H_{\text{bruto}} - H_{\text{losses}} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana:

H_{losses} = kehilangan energi yang terjadi dihitung dari pintu pengambilan sampai dengan pipa pesat

(Sumber: *ESDM, Pedoman Teknis PLTMH*)

2.2.3. Analisa Sedimentasi

Untuk dapat merencanakan pembangkit listrik, perlu diperhatikan sedimen yang diijinkan masuk melewati turbin. Batasan ukuran sedimen dapat dibedakan menurut jenis pembangkit listrik yang akan direncanakan. Menurut *O.F. Patty, 1995* pembagiannya seperti berikut:

1. 0,01 – 0,05 mm untuk PLTA tekanan tinggi
2. 0,1 – 0,2 mm untuk PLTA tekanan sedang
3. 0,2 – 0,5 mm untuk PLTA tekanan rendah

Karena PLTMH termasuk kategori PLTA tekanan rendah, maka air yang dapat dimanfaatkan untuk PLTMH ini

diameter sedimennya tidak boleh lebih besar dari 0,5 mm. Untuk analisa sedimentasi ini menggunakan *sample* sedimentasi yang diambil langsung di lapangan. *Sample* yang diambil adalah *sample* sedimentasi di dasar bendung dan di ketinggian 0,6 dari tinggi muka air Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang.

Analisa sedimentasi ini menggunakan percobaan saringan dan sedimen yang dilakukan di Laboratorium Keairan dan Teknik Pantai Teknik Sipil ITS. Setelah dilakukan percobaan di laboratorium, maka dapat diketahui besarnya ukuran diameter sedimen untuk mendapatkan besarnya nilai kecepatan kritis. Kecepatan kritis dapat dihitung menggunakan rumus:

$$v = a \times \sqrt{d} \dots\dots\dots (2-5)$$

(Sumber: *Teknik Bendungan, Soedibyo*)

Dimana:

v = kecepatan sedimen (m/s)

d = diameter butir (mm)

a = nilai a ditentukan tergantung diameter butir sedimen

- 36 bila $d > 1$ mm
- 44 bila $1 \text{ mm} > d > 0,1$ mm
- 51 bila $d < 0,1$ mm

2.3. Perencanaan Bangunan Pembangkit

Bangunan pembangkit untuk perencanaan PLTMH ini meliputi:

1. Perencanaan Pintu Pengambilan (*intake*)
2. Perencanaan *Trash Rack*
3. Perencanaan Bak Pengendap Sedimen
4. Perencanaan Saluran Pengarah
5. Perencanaan Bak Tampung (bak penenang)
6. Perencanaan Pipa Pesat (*Penstock*)
7. Pemilihan Jenis Turbin
8. Perencanaan Rumah Turbin (*Power House*)

2.3.1. Perencanaan Pintu Pengambilan (*Intake*)

Pintu pengambilan adalah pintu air untuk membelokkan air dari sungai ke saluran pengarah dengan jumlah debit yang diinginkan. Kapasitas pengambilan harus sekurang-kurangnya 120% dari kebutuhan pengambilan guna menambah fleksibilitas dan dapat memenuhi kebutuhan yang lebih tinggi selama umur proyek. Pintu pengambilan direncanakan berupa pintu sorong vertikal yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

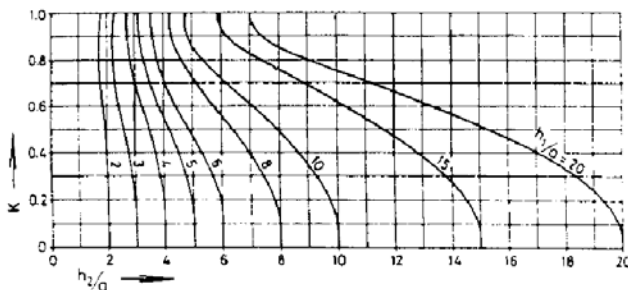
$$Q_n = 120\% \times Q \quad \dots\dots\dots (2-6)$$

$$Q_n = K \times \mu \times a \times b \times \sqrt{2 \times g \times h_1} \quad \dots\dots\dots (2-7)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04*)

Dimana:

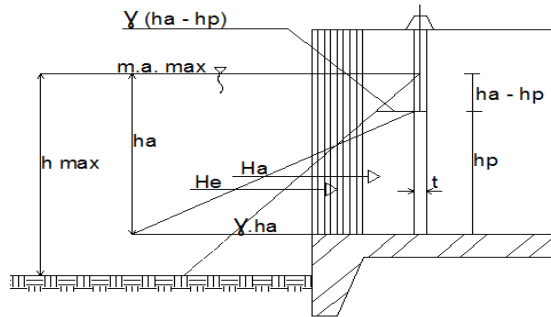
- Q = debit andalan PLTMH (m^3/s)
- Q_n = debit pengambilan rencana (m^3/s)
- μ = koefisien debit (0,85 untuk bukaan pintu di bawah permukaan air)
- a = tinggi bukaan pintu (m)
- b = lebar pintu (m)
- g = percepatan gravitasi (m^2/s^2)
- h_1 = tinggi air di depan pintu di atas ambang (m)
- K = faktor aliran tenggelam, dapat dilihat pada gambar 2.2. di bawah ini:



Gambar 2.2. Koefisien K untuk aliran tenggelam

2.3.1.1. Kontrol Tebal Plat Pintu

Setelah dilakukan perhitungan untuk mendapatkan besar dimensi pintu, maka direncanakan tebal plat pintu. Pintu direncanakan terbuat dari plat baja, lalu dilakukan perhitungan kontrol tebal plat pintu. Gaya-gaya yang bekerja pada daun pintu dapat dilihat pada gambar 2.3. di bawah ini:



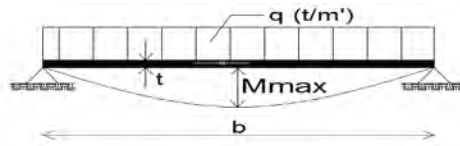
Gambar 2.3. Gaya-gaya yang Bekerja pada Daun Pintu

Langkah-langkah untuk perhitungan tebal plat pintu adalah sebagai berikut:

1. Mengitung Gaya Hidrostatik Akibat Air

$$H_A = \frac{1}{2} \gamma_1 h_p (2h_a - h_p) b \dots\dots\dots (2-8)$$
2. Menghitung Gaya Akibat Endapan
 Dalam hal ini endapan maksimum diambil setinggi daun pintu.

$$H_E = \frac{1}{2} \gamma_E h_p^2 \left(\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right) b \dots\dots\dots (2-9)$$
3. Menghitung M_{max} Pada Daun Pintu
 Dengan menganggap perletakan sendi-sendi.



Gambar 2.4. Momen Pada Daun Pintu

$$q = \frac{H_A + H_E}{b} \dots\dots\dots (2-10)$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} q b^2 \dots\dots\dots (2-11)$$

4. Menghitung Tebal Plat Minimum

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M_{\max}}{\frac{1}{6} b t^2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{6 M_{\max}}{b \cdot \sigma}} \dots\dots\dots (2-12)$$

(Sumber: *Sistem Dan Bangunan Irigasi, Ir. Sokeibat*)

Dimana:

H_A = gaya hidrostatik akibat air

H_E = gaya akibat endapan

γ_1 = berat jenis air

γ_E = berat jenis endapan = 2,633 (dari hasil analisa sedimen)

h_p = tinggi pintu (m)

h_a = tinggi air di atas ambang (m)

θ = sudut geser alam dari endapan

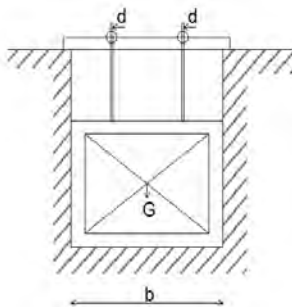
q = beban terbagi rata (t/m' atau kg/cm)

b = tinggi pintu (m)

σ = tegangan ijin baja = 1600 kg/cm²

2.3.1.2. Kontrol Diameter Stang Pintu

Kontrol diameter stang pintu diperlukan agar stang pintu dapat kuat menaikkan atau menurunkan pintu. Gaya-gaya yang berkerja untuk perhitungan diameter stang pintu dapat dilihat pada gambar 2.5. di bawah ini:



Gambar 2.5. Potongan pintu

Langkah-langkah untuk perhitungan diameter stang pintu adalah sebagai berikut:

1. Menghitung berat pintu (W)
 Berat daun pintu (G) = $b \times hp \times t \times \gamma$
 Berat penyambung baut + stang pintu = $25\% \times G$
2. Menghitung diameter stang pintu saat pintu dinaikkan
 Beban yang bekerja:

- Berat pintu = $W (\downarrow)$
- Gaya gesek = $f (H_A + H_E) (\downarrow)$

Gaya tarik yang diterima oleh stang pintu (Str)

$$Str = W + f (H_A + H_E) \text{ atau } Str = F \times \sigma$$

$$\text{Sehingga } F = \frac{Str}{\sigma} \text{ dengan } F = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$\text{Maka } D_1 = \sqrt{\frac{4 Str}{\pi \times \sigma}} \dots\dots\dots (2-13)$$

3. Menghitung diameter stang pintu saat pintu diturunkan
 Beban yang bekerja:

- Berat pintu = $W (\downarrow)$
- Gaya gesek = $f (H_A + H_E) (\uparrow)$

$$Pk = W - f (H_A + H_E) \dots\dots\dots (2-14)$$

$$Pk = \frac{\pi^2 E I}{Lk^2} \dots\dots\dots (2-15)$$

Dengan Lk adalah panjang tekuk untuk perletakan sendi-jepit, harga $Lk = \frac{1}{2} \sqrt{2} L$

$$\text{Karena } I = \frac{1}{64} \pi D^4, \text{ maka } Pk = \frac{\pi^2 E I}{Lk^2} = \frac{\pi^2 E \frac{1}{64} \pi D^4}{(\frac{1}{2} \sqrt{2} L)^2}$$

$$\text{Sehingga } D_2 = \left[\frac{32 \times Pk \times L^2}{\pi^3 \times E} \right]^{1/4} \dots\dots\dots (2-16)$$

(Sumber: *Sistem Dan Bangunan Irigasi*, Ir. Soekibat)

Dimana:

- b = lebar pintu (cm)
- hp = tinggi pintu (cm)
- t = tebal plat pintu (cm)
- f = koefisien gesekan = 0,4
- F = luas diameter stang pintu (cm²)

σ = tegangan ijin tarik baja = 1600 kg/cm²

Pk = gaya tekuk

E = 2,1 x 10⁶ kg/cm²

Lk = panjang tekuk

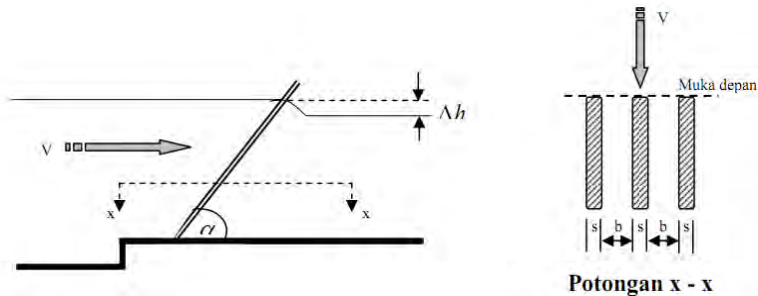
L = panjang stang pintu

2.3.2. Perencanaan *Trash Rack*

Trash rack adalah saringan yang terbuat dari plat besi yang berfungsi menyaring sampah-sampah atau puing-puing agar tidak masuk ke dalam bangunan selanjutnya. *Trash Rack* diletakkan pada posisi melintang di bangunan. Syarat-syarat *trash rack* antara lain :

1. *Trash rack* tidak boleh terbuat dari bambu atau kayu. *Trash rack* harus dibuat dengan menggunakan besi pejal dengan diameter minimal 4 mm atau besi plat dengan ketebalan minimum 3 mm. Pengelasan harus kuat dan rapi. Pengelasan menggunakan las listrik.
2. *Trash rack* harus dilindungi dari korosi dengan melakukan pengecatan. Pengecatan dilakukan dengan cat dasar besi kemudian dicat anti karat minimal dua kali pengecatan.
3. *Trash Rack* untuk *intake* dan saluran pembawa paling tidak memiliki celah selebar 5 cm atau lebih.
4. *Trash Rack* untuk *inlet penstock* harus memiliki celah yang lebih kecil dari *trash rack* di *intake*.
5. *Trash rack* harus mampu menahan tekanan air karena adanya penyumbatan pada kondisi air penuh.
6. Kemiringan *Trash rack* paling tidak adalah 65° - 75° derajat dari dataran sehingga memudahkan untuk pembersihan.
7. *Trash rack* harus bisa dilepas dari struktur sipil untuk akses perbaikan dan pembersihan.

Gambar *Trash Rack* dapat dilihat pada gambar 2.6. di bawah ini:



Gambar 2.6. Potongan Memanjang dan Melintang *Trash Rack*

2.3.3. Perencanaan Bak Pengendap Sedimen

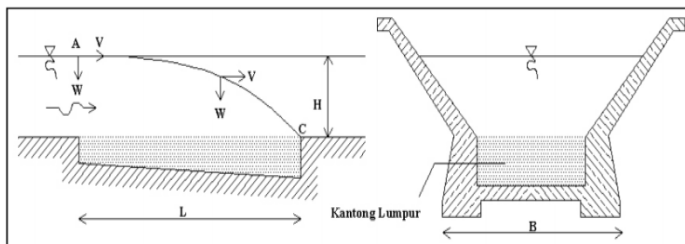
Bak pengendap sedimen atau yang biasa disebut saluran kantong lumpur berguna untuk menampung lumpur dan sedimen yang terbawa oleh aliran air di Sungai Brantas. Bak pengendap sedimen direncanakan berbentuk saluran terbuka berpenampang trapesium. Dimensi bak pengendap sedimen direncanakan dengan rumus:

$$L = \frac{Q}{w \times v} \dots\dots\dots (2-17)$$

$$\frac{H}{w} = \frac{L}{v} \dots\dots\dots (2-18)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*)

Sketsa bak pengendap sedimen dapat dilihat pada gambar 2.7. berikut:



Gambar 2.7. Sketsa Bak Pengendap Sedimen

Agar pengambilan dapat dilakukan dengan baik, maka kecepatan aliran harus tetap kritis dimana nilai $Fr = 1$, dihitung dengan rumus:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q/B^2}{g}} \dots\dots\dots (2-19)$$

$$V_c = \sqrt{g \times h_c} \dots\dots\dots (2-20)$$

$$I_c = \frac{v_c^2}{\left(\frac{1}{n} \times R^{2/3}\right)^2} \dots\dots\dots (2-21)$$

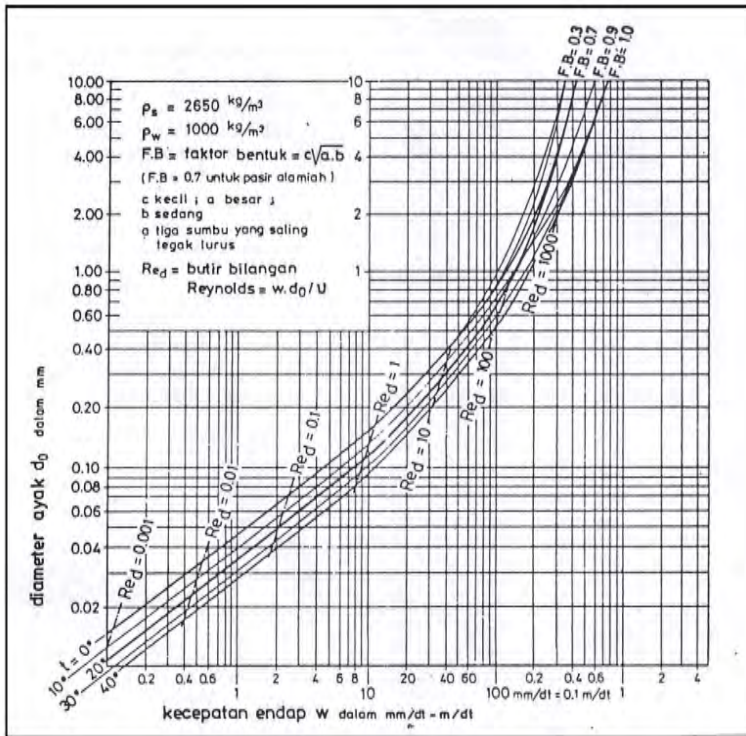
$$\frac{H}{w} = \frac{L}{v} \dots\dots\dots (2-22)$$

$$L = \frac{Q}{w \times B} \dots\dots\dots (2-23)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*)

Dimana:

- Q_n = debit pengambilan rencana (m^3/s)
- A_n = luas penampang basah rencana (m^2)
- V_n = kecepatan aliran rencana (m/s)
- n = koefisien kekasaran manning
- R_n = jari-jari hidrolis rencana (m)
- I_n = kemiringan dasar rencana
- h_c = kedalaman kritis (m)
- B = lebar bak pengendap (m)
- g = percepatan gravitasi (m^2/s)
- V_c = kecepatan kritis (m/s)
- I_c = kemiringan dasar kritis
- L = panjang bak pengendap (m)
- w = kecepatan endap, diambil berdasarkan hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang. Grafiknya dapat dilihat pada gambar 2.8. di bawah ini:



Gambar 2.8. Grafik Hubungan Diameter Saringan dan Kecepatan Endap Lumpur untuk air tenang

Setelah dilakukan perencanaan bak pengendap sedimen, maka perlu dikontrol apakah dimensi yang sudah direncanakan dapat menampung semua sedimen yang akan masuk. Rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$V_r > V \dots\dots\dots (2-24)$$

$$L \times B \times h_1 > Q \times t, \text{ dengan } t = \frac{h_2}{w} \dots\dots\dots (2-25)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*)

Dimana:

V_r	= volume bak rencana (m^3)
L	= panjang bak rencana (m)
B	= lebar bak rencana (m)
h_1	= tinggi bak rencana (m)
Q	= debit (m^3/s)
t	= waktu turun butir (detik)
h_2	= tinggi rencana endapan (m)
w	= kecepatan endap sedimen (m/s)

2.3.4. Perencanaan Saluran Pengarah

Saluran pengarah adalah saluran yang digunakan untuk mengarahkan air yang masuk melalui *intake* dan akan menuju ke bak tampungan PLTMH. Saluran pengarah direncanakan berbentuk saluran terbuka berpenampang trapesium yang mengalirkan debit rencana. Dimensi saluran pengarah dapat direncanakan dengan rumus berikut:

$$Q_n = A \times V \dots\dots\dots (2-26)$$

$$A = (b \times mh) \times h \dots\dots\dots (2-27)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots (2-28)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2-29)$$

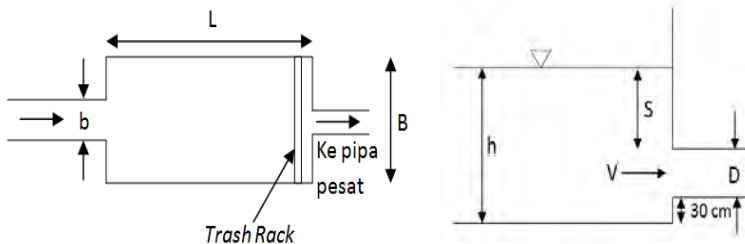
(Sumber: *Hidrolika II, Bambang Triatmodjo*)

Dimana:

Q_n	= debit pengambilan (m^3/s)
A	= luas penampang saluran (m^2)
V	= kecepatan aliran di saluran (m/s)
b	= lebar dasar saluran (m)
h	= tinggi air (m)
m	= kemiringan penampang saluran
n	= koefisien kekasaran manning
R	= jari-jari hidrolis (m)
S	= kemiringan dasar saluran rencana
P	= keliling basah saluran (m)

2.3.5. Perencanaan Bak Tampungan (Bak Penenang)

Bak tampungan yang direncanakan berbentuk saluran terbuka berpenampang persegi. Lebar dasar saluran (B) diasumsikan sebesar $3b$ dan panjang panjang dasar saluran (L) diasumsikan sebesar $2B$. Gambar perencanaan bak tampungan dapat dilihat pada gambar 2.9. di bawah ini:



Gambar 2.9. Sketsa bak tampungan

Persamaan untuk menghitung kedalaman air di bak tampungan dengan perencanaan seperti gambar 2.5. adalah sebagai berikut:

$$S = c \times V \times D^{0,5} \dots\dots\dots (2-30)$$

$$h = S + D + 0,30 \dots\dots\dots (2-31)$$

(Sumber: *Penche, 2004 : 120*)

Dimana:

- c = koefisien *inlet* pipa pesat = 0,54 (simetris)
- S = kedalaman air di atas pipa pesat (m)
- V = kecepatan masuk aliran (m/s)
- D = diameter pipa pesat (m)
- h = kedalaman air di bak tampungan (m)
- b = lebar saluran pengarah (m)

2.3.6. Perencanaan Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat adalah pipa yang berfungsi mengalirkan air dari bak tampungan ke turbin. Pipa pesat dapat direncanakan dengan rumus berikut:

$$D = 0,176 \times (Pa/H)^{0,466} \dots\dots\dots (2-32)$$

(Sumber: *Persamaan Doland*)

Untuk menghitung tebal pipa pesat digunakan bermacam-macam rumus yang ada lalu dibandingkan dan diambil nilai yang terbesar. Rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$tp = \left(\frac{P \times D}{\sigma \times \eta} \right) + \varepsilon \dots\dots\dots (2-33)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Mikro Hidro*)

$$tp = \left(\frac{D+500}{400} \right) \dots\dots\dots (2-34)$$

(Sumber: *USBR*)

$$tp = \left(\frac{D+800}{400} \right) \dots\dots\dots (2-35)$$

(Sumber: *Standart for Penstock and Gate*)

$$e = \left(\frac{P \times D}{2 \sigma k_f} \right) + es \dots\dots\dots (2-36)$$

(Sumber: *ESHA. Penche : 2004*)

Dimana:

D	= diameter pipa pesat (m)
Q	= debit (m ³ /s)
Pa	= daya yang dihasilkan pipa pesat
tp	= e = tebal plat (mm)
σ	= tegangan ijin plat = 1400 kg/cm ²
η	= kf = efisiensi sambungan las = 0,8
ε	= es = korosi plat yang diijinkan (1-3 mm)
P	= tekanan air dalam pipa pesat = 0,1 x H _{dyn}
H _{dyn}	= 1,2 x H (m)
H	= tinggi terjun desain (m)

Setelah dilakukan perencanaan dimensi pipa pesat, direncanakan juga tumpuan pipa pesat. Tumpuan pipa pesat berfungsi untuk mengikat dan menahan pipa pesat. Jarak antar tumpuan ditentukan oleh besarnya defleksi maksimum pipa pesat yang diijinkan. Rumus perhitungan tumpuan pipa pesat adalah sebagai berikut:

$$L = 182,61 \times \left[\frac{(D+0,0147)^4 - D^4}{P} \right]^{0,333} \dots\dots\dots (2-37)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Mikro Hidro*)

Dimana:

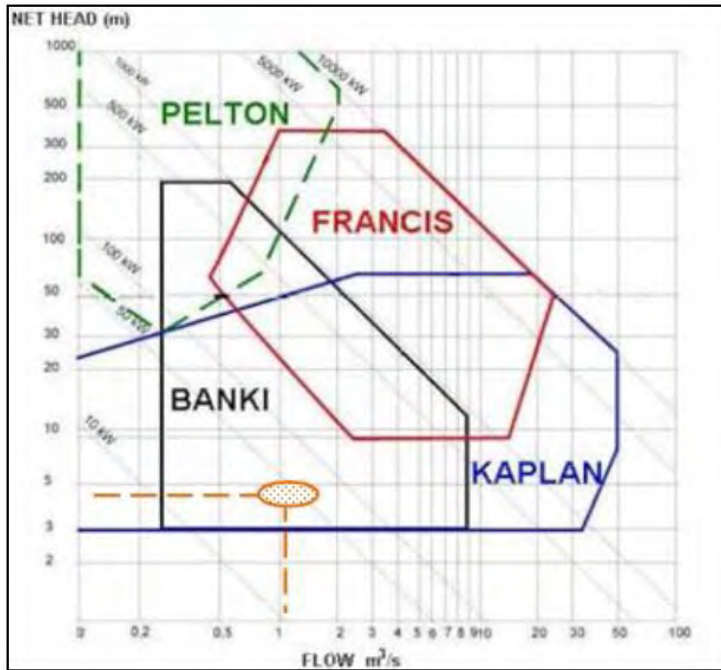
- L = tumpuan pipa pesat (m)
 D = diameter pipa pesat (m)
 P = berat satuan dalam keadaan penuh berisi air
 (kg/m) = $W_{\text{pipa}} + W_{\text{air}}$
 $= (\frac{1}{4} \pi D^2 \rho_{\text{air}}) + (\pi D t \rho_{\text{baja}})$

2.3.7. Pemilihan Jenis Turbin

Turbin air berperan untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik. Menurut cara kerjanya terdapat dua jenis turbin, yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin impuls bekerja setelah air disemprotkan ke mangkok-mangkok turbin. Sedangkan turbin reaksi bekerja setelah air mengenai baling-baling turbin lalu berputar dengan air. Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter – parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin yaitu :

1. Tinggi jatuh air efektif (*head netto*) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin.
2. Daya (*Power*) yang diinginkan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.
3. Kecepatan putaran turbin.

Dalam perencanaan ini, pemilihan jenis turbin menggunakan acuan grafik pemilihan turbin yang dapat dilihat pada gambar 2.10. di bawah ini:



Gambar 2.10. Grafik Pemilihan Turbin

2.3.8. Perencanaan Rumah Turbin (*Powerhouse*)

Rumah Pembangkit adalah desain terakhir untuk bangunan pembangkit. Rumah pembangkit berisi tempat instalasi turbin, penghubung turbin, generator, transformator, peralatan bantu, dan ruang kontrol. Desain rumah pembangkit yang baik akan melindungi dan mengatur tata letak turbin, generator, dan peralatan lain di dalamnya dalam jangka waktu yang cukup lama. Dimensi *powerhouse* dirancang berdasarkan kebutuhan ruang dan besaran dari turbin karena berhubungan dengan pondasi turbin, saluran buang dan besar dimensi generator.

2.4. Estimasi Kehilangan Energi

Estimasi kehilangan energi pada perencanaan PLTMH ini dihitung dari *intake* sampai ke pipa pesat. Hasil estimasi kehilangan energi ini nantinya akan digunakan untuk menghitung tinggi jatuh efektif PLTMH.

2.4.1. Kehilangan Energi Karena Pintu Pengambilan

Rumus yang digunakan untuk menghitung kehilangan energi karena pintu pengambilan adalah:

$$h_1 = K_e \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots (2-38)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*)

Dimana:

- h_1 = kehilangan energi (m)
- v = kecepatan aliran (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- K_e = koefisien, diambil 0,10

2.4.2. Kehilangan Energi Karena *Trash Rack*

Kehilangan energi karena *trash rack* dapat dihitung dengan rumus:

$$h_2 = \beta \times \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} \sin \delta \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2-39)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*)

Dimana:

- h_2 = kehilangan energi (m)
- v = kecepatan aliran (m/s)
- β = faktor bentuk (2,24 untuk persegi)
- s = tebal jeruji (m)
- b = jarak antar jeruji (m)
- δ = sudut kemiringan *trash rack*

2.4.3. Kehilangan Energi Pada *Inlet* Pipa

Kehilangan energi pada *inlet* pipa dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$h_3 = k \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots (2-40)$$

(Sumber: *Hidrolika, Anggrahini*)

Dimana :

h_3	= kehilangan energi (m)
v	= kecepatan aliran (m/s)
g	= percepatan gravitasi (m/s^2)
k	= 0,05 untuk bentuk yang dibulatkan

2.4.4. Kehilangan Energi Pada Gesekan Pipa

Kehilangan energi pada gesekan sepanjang dinding pipa dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$h_4 = \frac{v^2 \times L}{C^2 \times R} \dots\dots\dots (2-41)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04*)

Dimana :

h_4	= kehilangan energi (m)
v	= kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
L	= panjang pipa (m)
R	= jari-jari hidrolis pipa (m)
C	= $K \times R^{1/6}$
K	= koefisien kekasaran stricker = 80 (pipa baja)

2.4.5. Kehilangan Energi Pada Belokan Pipa

Kehilangan energi pada belokan pipa dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$h_5 = k_b \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots (2-42)$$

(Sumber: *Hidrolika II, Bambang Triatmodjo*)

Dimana :

h_5	= kehilangan energi (m)
v	= kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 k = koefisien karena belokan pipa, dapat dilihat pada tabel 2.1. di bawah ini:

Tabel 2.1. Koefisien Kb Sebagai Sudut Belokan Pipa

α	20^0	40^0	60^0	80^0	90^0
Kb	0,005	0,14	0,36	0,74	0,98

2.5. Perhitungan Kapasitas Tenaga Air

Besarnya debit andalan dan tinggi jatuh efektif sangat menentukan kapasitas yang dihasilkan oleh PLTMH. Debit andalan PLTMH diperoleh dari besarnya debit andalan sungai dikurangi dengan debit andalan irigasi. Setelah mendapatkan debit andalan dan tinggi jatuh efektif, maka dapat dihitung daya listrik. Perhitungan daya listrik menggunakan rumus berikut:

$$D = \eta \times g \times Q \times H_{\text{eff}} \dots\dots\dots (2-43)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Mikro Hidro*)

Dimana :

D = daya aktual (KW)
 g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 Q = debit andalan (m^3/s)
 H_{eff} = tinggi jatuh efektif (m)
 η = efisiensi

Perhitungan energi listrik diperoleh dari besarnya daya listrik yang dihasilkan dikalikan dengan waktu. Rumusnya sebagai berikut:

$$E = D \times t \dots\dots\dots (2-44)$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Mikro Hidro*)

Dimana:

E = energi listrik (KWh)
 D = daya yang dihasilkan (KW)
 t = waktu (jam)

2.6. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi digunakan untuk mengetahui besarnya biaya pembangunan dan apakah layak untuk dibangun. Analisa ekonomi meliputi investasi awal, estimasi manfaat, dan analisa kelayakan ekonomi. Direncanakan umur ekonomis PLTMH selama 25 tahun dan suku bunga sebesar 10%.

2.6.1. Investasi Awal

Investasi awal yang dihitung meliputi biaya pembangunan dan biaya pengoperasian PLTMH per tahunnya. Biaya pembangunan dihitung dari rencana anggaran biaya sedangkan biaya pengoperasian PLTMH diasumsikan sebesar 0,1% dari biaya pembangunan dan mengalami kenaikan sebesar 2,5% untuk tahun berikutnya. Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan hasil perencanaan bangunan pembangkit. Langkah-langkah untuk menghitung rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut:

1. Membuat *Work Breakdown Structure* (WBS). WBS ini dibuat berdasarkan urutan pekerjaan dan jenis material.
2. Menghitung Volume Pekerjaan. Volume pekerjaan dihitung dari hasil perencanaan bangunan pembangkit untuk PLTMH.
3. Menghitung Estimasi Biaya. Estimasi biaya dihitung dengan cara mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pokok kegiatan (HSPK). Dalam perhitungan ini harga satuan yang digunakan adalah HSPK (Harga Satuan Pokok Kegiatan) Kabupaten Jombang Tahun 2014.
4. Membuat Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya untuk seluruh pekerjaan.

2.6.2. Estimasi Manfaat

Estimasi manfaat yaitu menghitung hasil pendapatan per tahunnya dari energi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH dan pendapatan dari reduksi emisi gas karbon (GHG) dan CER.

2.6.2.1. Pendapatan PLTMH

Pendapatan PLTMH dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Pendapatan} = \text{Harga jual listrik} \times \text{energi} \dots\dots\dots (2-45)$$

(Sumber: *Perhitungan Ekonomis PLTMH*)

Berdasarkan peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2014, harga jual listrik yang harus dibeli oleh PT. PLN dari energi hasil pembangkitan PLTMH adalah sebesar Rp 1.075,-/kWh untuk tahun ke-0 lalu diasumsikan mengalami kenaikan harga tarif listrik per tahunnya sebesar 1%.

2.6.2.2. Analisa Reduksi Emisi Gas Karbon (GHG) dan CER

PLTMH berhak mendapatkan kompensasi dana dari badan internasional karena telah membangun alternatif sumber energi listrik yang bersih dan ramah lingkungan. Besarnya dana CER dihitung berdasarkan berapa ton gas karbon yang bisa tereduksi dengan harga tiap ton adalah 11 euro untuk jenis bahan bakar minyak. Rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\Delta_{\text{GHG}} = (e_{\text{base}} - e_{\text{prop}}) E_{\text{prop}} (1 - \lambda_{\text{prop}}) \dots\dots\dots (2-46)$$

$$\text{CER} = \Delta_{\text{GHG}} \times \text{harga karbon yang tereduksi} \dots\dots\dots (2-47)$$

(Sumber: *Perhitungan Ekonomis PLTMH*)

Dimana:

E_{prop} = hasil produksi bangkitan energi PLTMH (MW)

λ_{prop} = kehilangan energi

e_{base} = faktor emisi gas karbon dari sumber tidak terbarukan

e_{prop} = faktor emisi gas karbon dari sumber terbarukan, dapat dilihat pada tabel 2.2. di bawah ini:

Tabel 2.2. Nilai Konversi Produksi Emisi

No.	Jenis Bahan Bakar (Sumber Energi)	Kg CO ₂ /kWh
1.	Minyak	0,754
2.	Diesel	0,764
3.	Tenaga Air	0
4.	Panas Bumi	0
5.	Batu Bara	0,94
6.	Gas Alam	0,581

2.6.3. Analisa Kelayakan Ekonomi

Analisa kelayakan ekonomi untuk menghitung PLTMH ini menggunakan 3 metode yaitu *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), dan *Payback Period* (PbP).

2.6.3.1. Net Present Value (NPV)

NPV merupakan salah satu metode untuk menghitung analisa kelayakan ekonomi suatu proyek. NPV adalah selisih antara *benefit* (penerimaan) dengan *cost* (pengeluaran) yang telah *dipresent-valuekan*. Jika NPV bernilai positif, maka proyek tersebut dianggap layak. Rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Suku bunga NPV} = \frac{1}{(1+i)^n} \dots\dots\dots (2-48)$$

$$\text{Benefit} = \text{hasil penjualan listrik} + \text{CER} \dots\dots\dots (2-49)$$

$$\text{Cost} = I \times \text{suku bunga NPV} \dots\dots\dots (2-50)$$

$$\text{NPV} = \Sigma B - \Sigma C \dots\dots\dots (2-51)$$

(Sumber: *Studi Kelayakan Finansial. Ir. Retno Indryani*)

Dimana:

i = suku bunga per tahun (%)

n = umur ekonomis (tahun)

I = investasi awal (biaya pembangunan + OP)

ΣB = jumlah *benefit* yang dihitung selama umur ekonomis

ΣC = jumlah *cost* yang dihitung selama umur ekonomis

2.6.3.2. Benefit Cost Ratio (BCR)

BCR adalah hasil perbandingan dari *benefit* dan *cost*. Jika BCR lebih dari 1, maka suatu proyek dapat dianggap layak. Rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{BCR} = \frac{\Sigma B}{\Sigma C} \dots\dots\dots (2-52)$$

(Sumber: *Studi Kelayakan Finansial. Ir. Retno Indryani*)

Dimana:

ΣB = jumlah *benefit* yang dihitung selama umur ekonomis

ΣC = jumlah *cost* yang dihitung selama umur ekonomis

2.6.3.3. *Payback Period (PbP)*

PbP adalah metode untuk menghitung seberapa cepat investasi bisa kembali. Apabila periode pengembalian lebih pendek daripada umur ekonomis proyek, maka investasi dianggap menguntungkan. Perhitungan PbP menggunakan tabel *Net Cash Flow* yang dihitung dari *Cash In* dan *Cash Out* secara kumulatif.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang sesuai dengan permasalahan yang dibahas pada penulisan tugas akhir ini. Referensi tersebut berisi tentang:

- Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang.
- Rumus perhitungan debit andalan dan tinggi jatuh efektif.
- Perencanaan PLTMH sederhana.
- Pedoman Teknis Standar Peralatan dan Komponen PLTMH.
- Rencana anggaran biaya dan analisa kelayakan PLTMH.

Referensi ini dapat diperoleh di buku, jurnal, artikel, laporan penelitian sebelumnya, dan situs-situs di internet. Hasil akhir dari studi literatur ini adalah diperolehnya referensi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Tujuannya adalah untuk memperkuat dasar teori yang digunakan untuk perencanaan PLTMH.

3.2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan untuk penulisan tugas akhir ini adalah berupa data primer dan sekunder. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait yang berhubungan dengan Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang. Data-data tersebut adalah:

- Peta Topografi Bendung Gerak Jatimlerek dan sekitarnya
- Data teknis Bendung Gerak Jatimlerek
- Data debit sungai 10 tahun Bendung Gerak Jatimlerek
- Data debit irigasi 10 tahun Bendung Gerak Jatimlerek
- HSPK Kabupaten Jombang

Sedangkan data primer meliputi data *sample* sedimentasi yang ada di Bendung Gerak Jatimlerek. Data-data di atas dapat digunakan sebagai bahan untuk merencanakan PLTMH dengan memanfaatkan Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang.

3.3. Perencanaan Lokasi PLTMH

Perencanaan lokasi PLTMH dilakukan dengan memperhatikan kondisi sekitar Bendung Gerak Jatimlerek dan kontur yang ada. Kontur tersebut dapat dilihat dari peta topografi sekitar Bendung Gerak Jatimlerek dan pengamatan langsung di lokasi.

3.4. Analisa dan Perhitungan

Analisa dan perhitungan menggunakan data-data yang sudah dikumpulkan. Analisa dan perhitungan yang dilakukan untuk dapat merencanakan PLTMH ini meliputi:

1. Analisa debit andalan
2. Analisa elevasi
3. Analisa sedimentasi

3.5. Perencanaan Bangunan Pembangkit

Perencanaan bangunan pembangkit untuk merencanakan suatu PLTMH meliputi:

1. Perencanaan Pintu Pengambilan (*intake*)
2. Perencanaan *Trash Rack*
3. Perencanaan Bak Pengendap Sedimen
4. Perencanaan Saluran Pengarah
5. Perencanaan Bak Tampungan (bak penenang)
6. Perencanaan Pipa Pesat (*Penstock*)
7. Perencanaan Turbin
8. Perencanaan Rumah Turbin (*Powerhouse*)

3.6. Estimasi Kehilangan Energi

Perhitungan estimasi kehilangan energi ini selanjutnya digunakan untuk perhitungan tinggi jatuh efektif PLTMH. Estimasi kehilangan energi ini meliputi:

1. Kehilangan energi karena pintu pengambilan
2. Kehilangan energi karena saringan kasar
3. Kehilangan energi karena *inlet* pipa
4. Kehilangan energi karena gesekan pipa

5. Kehilangan energi karena belokan pipa

3.7. Perhitungan Kapasitas Tenaga Air

Perhitungan kapasitas tenaga air meliputi perhitungan daya listrik dan energi listrik.

3.8. Analisa Ekonomi

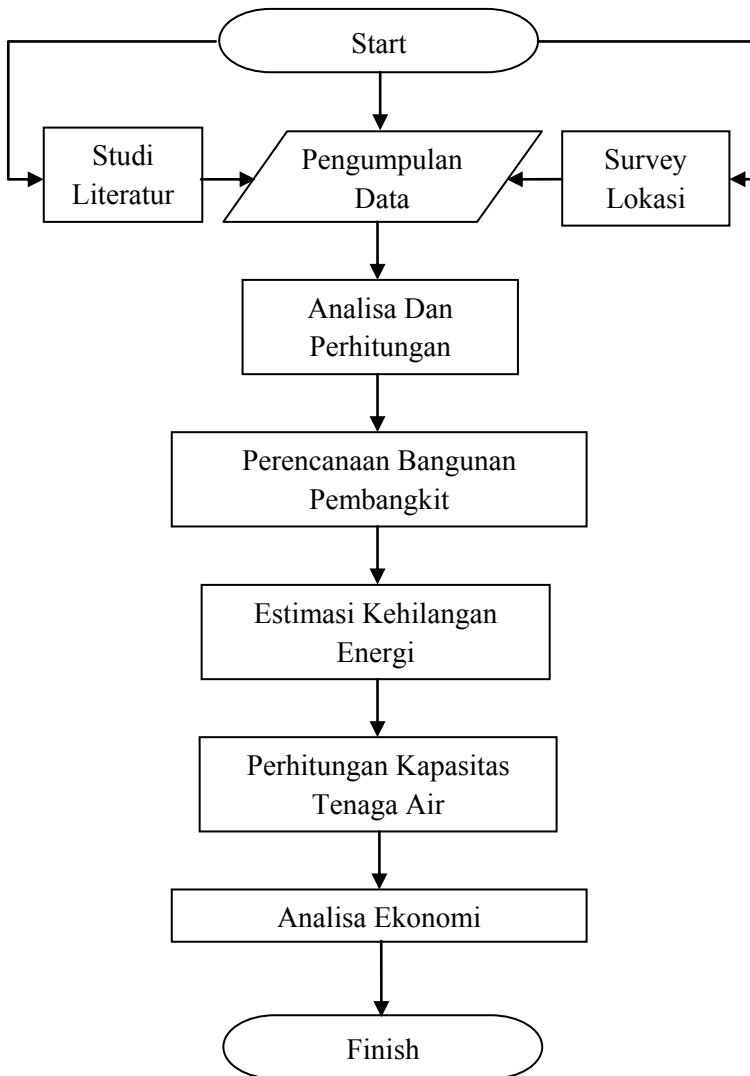
Analisa ekonomi meliputi investasi awal, estimasi manfaat, dan analisa kelayakan finansial. Investasi awal yang meliputi biaya pembangunan dan biaya pengoperasian PLTMH per tahunnya. Estimasi manfaat meliputi pendapatan PLTMH dan analisa reduksi emisi gas karbon (GHG) dan CER. Analisa kelayakan ekonomi menggunakan 3 metode yaitu *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), dan *Payback Period* (PbP).

3.9. Kesimpulan

Kesimpulan adalah hasil akhir berupa jawaban dari rumusan masalah yang ada. Berupa hasil perencanaan dan analisa yang dilakukan.

3.10. Diagram Alir

Secara sistematis langkah-langkah dalam pengerjaan tugas akhir dijadikan dalam bentuk diagram alir pada gambar 3.1. berikut ini:



Gambar 3.1. *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa dan Perhitungan

Analisa dan perhitungan meliputi analisa debit, analisa tinggi jatuh efektif, dan analisa sedimentasi.

4.1.1. Analisa Debit

Debit yang dihitung untuk debit pembangkitan PLTMH adalah 50% dari debit andalan sungai yang sudah dikurangi dengan debit andalan irigasi.

4.1.1.1. Analisa Debit Irigasi

Debit irigasi yang dihitung adalah debit irigasi harian dari tahun 2005-2014 (Lampiran 3). Debit irigasi yang digunakan adalah debit irigasi harian. Dari debit harian tersebut dihitung debit andalannya. Lalu dipilih debit andalan irigasi 91% yang paling maksimum. Untuk mengitung debit irigasi andalan menggunakan cara Probabilitas *Weibull* berikut ini:

1. Menghitung jumlah data (n).
2. Mengurutkan semua data dari data yang terbesar hingga data yang terkecil per harinya.
3. Memberi nomor urut pada data yang sudah diurutkan.
4. Menghitung probabilitas tiap data.
5. Mencari debit andalan sebesar 91% yang paling maksimum.

Dari hasil perhitungan debit andalan irigasi 91% yang paling maksimum diperoleh nilai sebesar **4,941 m³/detik**.

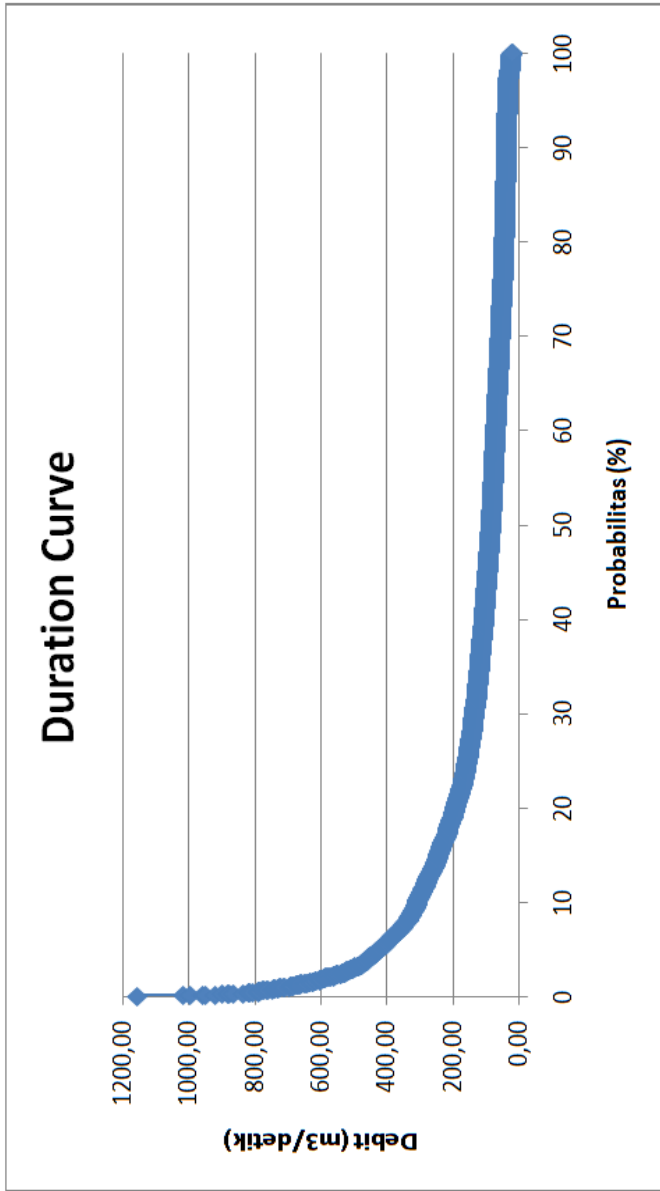
4.1.1.2. Analisa Debit Sungai

Debit Sungai Brantas yang dihitung adalah debit sungai harian dari tahun 2005-2014 (Lampiran 4). Langkah-langkah untuk perhitungan debit andalan adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah data (n).

2. Mengurutkan semua data dari data yang terbesar hingga data yang terkecil.
3. Memberi nomor urut pada setiap data yang sudah diurutkan.
4. Menghitung probabilitas untuk masing-masing data.
5. Membuat grafik *Duration Curve* dari perbandingan data debit dan probabilitasnya.
6. Mencari debit andalan dari *Duration Curve* yang telah dibuat sebesar 100%.

Dari data debit harian tersebut dihitung debit andalannya dan dibuatlah Gambar *Duration Curve*. *Duration Curve* Debit Sungai dapat dilihat pada grafik 4.1. di bawah ini:



Gambar 4.1.1. Grafik *Duration Curve* Debit Sungai

Dari grafik Duration Curve yang telah dibuat, diperoleh debit andalan sungai 100% sebesar 20,91 m³/detik. Setelah diketahui debit andalan irigasi dan debit andalan sungai, maka debit pembangkitan PLTMH dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{PLTMH}} &= 50\% \times (Q_{\text{sungai}} - Q_{\text{irigasi}}) \\ &= 50\% \times (20,91 - 4,941) \\ &= 7,98 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

4.1.2. Analisa Elevasi

Analisa elevasi ini dilakukan dengan menggunakan software *Google Earth*. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Buka program *Google Earth*.
2. Ketik daerah pencarian yaitu Jombang, Jawa Timur.
3. Perbesar ke daerah Bendung Gerak Jatimlerek Jombang.
4. Buat jalur sepanjang 1900 m dari tengah bendung (as bendung / sungai) sampai ke letak *Powerhouse* yang direncanakan.
5. Simpan jalur dengan nama.
6. Lalu klik “Sunting” pada *Toolbar*.
7. Pilih menu “Tampilkan Profil Ketinggian”
8. Maka dapat dilihat hasilnya pada gambar 4.2. di bawah ini:



Gambar 4.2. Analisa Kemiringan Sungai

Dari gambar tersebut diketahui kemiringan rata-rata sungai yang dihitung dari Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang sampai dengan letak *Powerhouse* yang berjarak 1900 m dari bendung gerak sebesar 0,2% - 0,3%. Sehingga dapat diketahui tinggi jatuh rencana untuk PLTMH dengan kemiringan 0,002 adalah 4 m.

4.1.3. Analisa Sedimentasi

PLTMH termasuk dalam kategori PLTA tekanan rendah, maka diameter sedimen maksimum yang diijikan masuk ke saluran sebesar 0,5 mm. Untuk analisa sedimentasi ini menggunakan *sample* sedimentasi yang diambil langsung di lapangan dengan titik tepi di dekat perencanaan pintu *intake* PLTMH. *Sample* yang diambil adalah *sample* sedimentasi di dasar bendung dan di ketinggian 0,6 dari tinggi muka air Bendung Gerak Jatimlerek, Jombang.

Analisa sedimentasi ini menggunakan percobaan saringan dan sedimen yang dilakukan di Laboratorium Keairan dan Teknik Pantai Teknik Sipil ITS. Hasil analisa sedimentasi terdapat pada lampiran. Setelah dilakukan percobaan di laboratorium, maka dapat diketahui besarnya ukuran diameter sedimen untuk mendapatkan besarnya nilai kecepatan kritis. Diambil nilai D_{30} untuk mewakili diameter sedimentasi, yaitu 0,3 mm. Kecepatan kritis dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} v &= a \times \sqrt{d} \\ &= 44 \times \sqrt{0,3} \\ &= 24,099 \text{ cm/detik} = 2,4 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Dimana:

v = kecepatan sedimen (cm/s)

d = diameter butir (mm)

a = nilai a ditentukan tergantung diameter butir sedimen

- 36 bila $d > 1 \text{ mm}$
- 44 bila $1 \text{ mm} > d > 0,1 \text{ mm}$
- 51 bila $d < 0,1 \text{ mm}$

4.2. Perencanaan Bangunan Pembangkit

Bangunan pembangkit untuk perencanaan PLTMH ini meliputi:

1. Perencanaan Pintu Pengambilan (*intake*)
2. Perencanaan *Trash Rack*
3. Perencanaan Bak Pengendap Sedimen
4. Perencanaan Saluran Pengarah
5. Perencanaan Bak Tampungan (bak penenang)
6. Perencanaan Pipa Pesat (*Penstock*)
7. Pemilihan jenis Turbin
8. Perencanaan Rumah Turbin (*Powerhouse*)

4.2.1. Perencanaan Pintu Pengambilan (*intake*)

Sebelum menghitung dimensi pintu pengambilan, maka dilakukan perhitungan elevasi ambang pintu pengambilan. Data Bendung Gerak Jatimlerek Jombang:

Elevasi dasar sungai	= + 30,39
Elevasi muka air rendah	= + 32,54
Elevasi muka air tinggi	= + 32,79
Elevasi muka air maksimum	= + 32,98
Rencana elevasi muka air banjir	= + 35,49

Dari hasil analisa sedimentasi, diketahui bahwa sungai mengangkut pasir dan kerikil, maka perhitungan elevasi ambang pintu pengambilan = + 30,39 + 1,00 = + 31,39

Tinggi air di depan *intake* = + 32,98 – (+ 31,39) = 1,59 m

Data perencanaan pintu pengambilan:

Q	= 7,98 m ³ /detik
Jumlah pintu	= 3 buah
Lebar pintu (b)	= 1,50 m
Tinggi pintu	= 2,00 m
Koefisien debit (μ)	= 0,85
Lebar pilar	= 0,50 m

Dimensi pintu pengambilan dihitung sebagai berikut:

$$Q_n = 120\% \times Q$$

$$= 120\% \times 7,98 = 9,576 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Karena direncanakan sebanyak 3 pintu, maka debit masing-masing pintu dihitung:

$$Q_n = \frac{9,576}{3} = 3,192 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_n = K \times \mu \times a \times b \times \sqrt{2 \times g \times h_1}$$

$$3,192 = 0,9 \times 0,85 \times a \times 1,50 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,59}$$

$$a = \frac{3,192}{\frac{6,41}{6,41}} = 0,497 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q}{b \times h} = \frac{3,192}{1,5 \times 2} = 1,064 \text{ m/detik}$$

Dimana:

Q_n = debit pengambilan rencana (m^3/s)

K = μ = koefisien debit

a = tinggi bukaan pintu (m)

b = lebar bukaan (m)

g = percepatan gravitasi (m^2/s)

h_1 = tinggi air di depan pintu di atas ambang (m)

K = faktor aliran tenggelam

V = kecepatan aliran (m/s)

4.2.1.1. Kontrol Tebal Plat Pintu

Direncanakan tebal plat pintu sebesar 5 cm. Pintu direncanakan terbuat dari plat baja. Perhitungan kontrol tebal plat pintu dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$H_A = \frac{1}{2} \gamma_1 h_p (2h_a - h_p) b$$

$$= \frac{1}{2} \times 1000 \times 2 \times (2 \times 4,1 - 2) \times 1,50 = 9300 \text{ kg}$$

$$H_E = \frac{1}{2} \gamma_E h_p^2 \left(\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right) b$$

$$= \frac{1}{2} \times 2633 \times 2^2 \left(\frac{1 - \sin 0}{1 + \sin 0} \right) \times 1,50 = 7989 \text{ kg}$$

$$q = \frac{H_A + H_E}{b} = \frac{9300 + 7989}{150} = 115,26 \text{ kg/cm}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} q b^2 = \frac{1}{8} \times 115,26 \times 150^2 = 324168,75 \text{ kgcm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 M_{\max}}{b \cdot \sigma}} = \sqrt{\frac{6 \times 324168,75}{150 \times 1600}} = 2,85 \text{ cm} < 5 \text{ cm (OK)}$$

Dimana:

- H_A = gaya hidrostatik akibat air
 H_E = gaya akibat endapan
 γ_l = berat jenis air
 γ_E = berat jenis endapan = 2,633 (dari hasil analisa sedimen)
 h_p = tinggi pintu (m)
 h_a = tinggi air di atas ambang (m)
 θ = sudut geser alam dari endapan
 q = beban terbagi rata (t/m' atau kg/cm)
 b = lebar pintu (m)
 σ = tegangan ijin baja = 1600 kg/cm²

4.2.1.2. Kontrol Diameter Stang Pintu

Direncanakan stang pintu berdiameter 5 cm. Kontrol diameter stang pintu diperlukan agar stang pintu dapat kuat menaikkan atau menurunkan pintu. Perhitungan kontrol diameter stang pintu dihitung dengan rumus sebagai berikut:

1. Saat pintu dinaikkan

Jumlah stang pintu = 2 buah

$$\text{Berat daun pintu (G)} = b \times h_p \times t \times \gamma_b \\ = 1,50 \times 2 \times 0,05 \times 7850 = 1413 \text{ kg}$$

$$\text{Berat penyambung baut + stang pintu} = 25\% \times 1413 \\ = 353,25 \text{ kg}$$

$$\text{Berat pintu} = W = 1413 + 353,25 = 1766,25 \text{ kg } (\downarrow)$$

$$\text{Gaya gesek} = f (H_A + H_E) = 0,4 \times (9300 + 7989) = 6915,6 \text{ kg } (\downarrow)$$

$$\text{Str} = W + f (H_A + H_E) = 1766,25 + 6915,6 = 8681,85 \text{ kg}$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \text{ Str}}{\pi \times \sigma}} = \sqrt{\frac{4 \times 8681,85}{3,14 \times 1600}} = 2,63 \text{ cm} < 5,00 \text{ cm (OK)}$$

2. Saat pintu diturunkan

$$P_k = W - f (H_A + H_E) = 1766,25 - 6915,6 = -5149,35 \text{ kg}$$

$$D_2 = \left[\frac{32 \times P_k \times L^2}{\pi^3 \times E} \right]^{1/4} = \left[\frac{64 \times 5149,35 \times 200^2}{3,14^3 \times 2,1 \times 10^6} \right]^{1/4} \\ = 3,77 \text{ cm} < 5,00 \text{ cm (OK)}$$

Dimana:

b = lebar pintu (cm)

h_p = tinggi pintu (cm)
 t = tebal plat pintu (cm)
 f = koefisien gesekan = 0,4
 F = luas diameter stang pintu (cm^2)
 σ = tegangan ijin baja = 1600 kg/cm^2
 γ_b = berat jenis baja
 P_k = gaya tekuk
 E = $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
 L_k = panjang tekuk
 L = panjang stang pintu

4.2.2. Perencanaan *Trash Rack*

Trash rack adalah saringan yang terbuat dari plat besi pejal yang berfungsi menyaring sampah-sampah atau puing-puing agar tidak masuk ke dalam bangunan selanjutnya. *Trash Rack* direncanakan di pintu pengambilan dan di bak tampungan di depan pipa pesat (*penstock*). Data perencanaan *Trash Rack* :

1. *Trash Rack* untuk pintu pengambilan:

Jumlah	= 2 buah
Dimensi	= 3 x 3 m
Jenis bahan	= besi pejal
Tebal kisi (δ)	= 8 mm
Bentuk	= persegi panjang
Kemiringan	= 75°
Jarak antar jeruji (b)	= 100 mm
Koefisien profil (ϕ)	= 2,42

2. *Trash Rack* untuk bak tampungan:

Jumlah	= 5 buah
Dimensi	= 3 x 4 m
Jenis bahan	= besi pejal
Tebal kisi (δ)	= 5 mm
Bentuk	= persegi panjang
Kemiringan	= 75°
Jarak antar jeruji (b)	= 50 mm
Koefisien profil (ϕ)	= 2,42

4.2.3. Perencanaan Bak Pengendap Sedimen

Bak pengendap sedimen direncanakan berupa saluran terbuka trapesium yang terbuat dari pasangan batu kali yang disemen dan beton tanpa tulangan untuk dasar saluran. Direncanakan sedimen yang masuk berdiameter 0,2 mm. Data perencanaan bak pengendap sedimen adalah sebagai berikut:

$$Q_n = 9,576 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V_n = 1,2 \text{ m/detik}$$

$$m = 0,5$$

$$n = 0,030$$

$$w = 0,025 \text{ m/detik (dari grafik hubungan diameter saringan dan kecepatan endap lumpur untuk air tenang dengan suhu } 20^0\text{)}.$$

Dimensi bak pengendap sedimen direncanakan $L/B > 8$, untuk mencegah agar aliran tidak “meander” di dalam kantong (KP-02). Dimensi bak pengendap sedimen dihitung sebagai berikut:

$$L = \frac{Q}{w \times B}, \text{ dengan } L = 9B, \text{ maka:}$$

$$9B = \frac{Q}{w \times B}$$

$$9B^2 = \frac{9,576}{0,025}$$

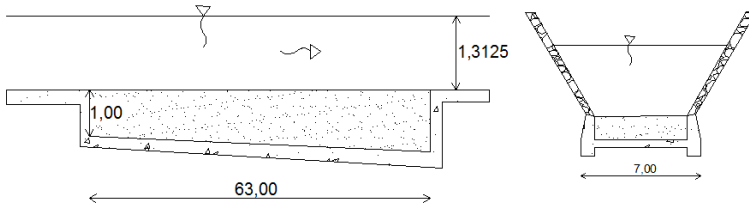
$$B = \sqrt{\frac{383,04}{9}} = 6,52 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$$

$$L = 9B = 9 \times 7 \text{ m} = 63 \text{ m}$$

$$\frac{H}{w} = \frac{L}{v} \rightarrow H = \frac{L \times w}{v}$$

$$H = \frac{63 \times 0,025}{1,2} = 1,3125 \text{ m}$$

Gambar hasil desain bak pengendap sedimen dapat dilihat pada gambar 4.3. di bawah ini:



Gambar 4.3. Desain Bak Pengendap Sedimen

Agar pengambilan dapat dilakukan dengan baik, maka kecepatan aliran harus tetap kritis dimana $Fr = 1$. Kemiringan kritis dihitung sebagai berikut:

$$A_n = (B + mH) H = (7 + 0,5 \times 1,3125) 1,3125 = 10,05 \text{ m}^2$$

$$P_n = B + 2H \sqrt{1 + m^2} = 7 + 2 \times 1,3125 \sqrt{1 + 0,5^2} = 9,93 \text{ m}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{(Q/B)^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(9,576/7)^2}{9,81}} = 0,575 \text{ m}$$

$$v_c = \sqrt{g \times h_c} = \sqrt{9,81 \times 0,575} = 2,4 \text{ m/detik}$$

Kontrol kecepatan $V_c = 2,4 \text{ m/detik} > V_n = 1,2 \text{ m/detik}$ (OK)

$$I_c = \frac{v_c^2}{\left(1/n \times R^{2/3}\right)^2} = \frac{2,37^2}{\left(1/0,020 \times 10,05/9,93^{2/3}\right)^2} = 0,002211$$

Kontrol bak pengendap sedimen dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$V_r > V$$

$$L \times B \times h_1 > Q \times t, \text{ dengan } t = \frac{h_2}{w}$$

$$63 \times 7 \times 1,3125 > 9,576 \times \frac{1}{0,025}$$

$$578,8125 \text{ m}^3 > 383,04 \text{ m}^3 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Dimana:

Q_n = debit pengambilan rencana (m^3/s)

A_n = luas penampang basah rencana (m^2)

V_n = kecepatan aliran (m/s)

n = koefisien kekasaran manning

R_n	= jari-jari hidrolis rencana (m)
i_n	= kemiringan dasar rencana
h_c	= kedalaman kritis (m)
B	= lebar bak pengendap (m)
g	= percepatan gravitasi (m^2/s)
V_c	= kecepatan kritis (m/s)
I_c	= kemiringan dasar kritis
L	= panjang bak pengendap (m)
h_1	= tinggi muka air (m)
h_2	= tinggi endapan (m)
t	= waktu turun butir (detik)
w	= kecepatan endap, diambil berdasarkan hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang

4.2.4. Perencanaan Saluran Pengarah

Saluran pengarah direncanakan berbentuk saluran terbuka trapesium yang mengalirkan debit rencana sebesar 120% dari debit andalan. Saluran pengarah direncanakan menggunakan pasangan batu kali yang disemen. Data perencanaan saluran pengarah:

Q_n	= 9,576 $m^3/detik$
b	= 6 m
m	= 0,5
n	= 0,020
w	= 0,50 m
I_n	= 0,0001
L	= 1900 m

Perhitungan untuk mencari tinggi muka air di saluran pengarah:

$$V = V$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$\frac{9,576}{(6 + 0,5h) \times h} = \frac{1}{0,020} \times \left(\frac{(6 + 0,5h) \times h}{6 + 2h \sqrt{1 + 0,5^2}} \right)^{2/3} \times 0,0005^{1/2}$$

Dengan cara coba-coba (*trial and error*) diperoleh kedalaman air,

$$h = 1,3 \text{ m}$$

$$H = 1,3 + 0,5 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{9,576}{7,345} = 1,30 \text{ m/detik}$$

Dimana:

Q_n	= debit rencana (m^3/s)
A	= luas penampang saluran (m^2)
V	= kecepatan aliran di saluran (m/s)
b	= lebar dasar saluran (m)
h	= tinggi air (m)
m	= kemiringan penampang saluran
n	= koefisien kekasaran manning
R	= jari-jari hidrolis (m)
I_n	= kemiringan dasar saluran rencana
P	= keliling basah saluran (m)

4.2.5. Perencanaan Bak Tampungan (Bak Penenang)

Bak tampungan yang direncanakan berbentuk saluran terbuka berpenampang persegi yang terbuat dari pasangan batu kali yang disemen. Data perencanaan bak tampungan adalah sebagai berikut:

$$w = 1,00 \text{ m}$$

$$B = 3b = 3 \times 6 = 18 \text{ m}$$

$$L = 2B = 2 \times 18 = 36 \text{ m}$$

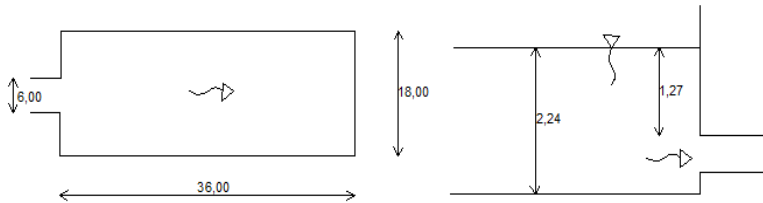
$$S = 0,54 \times V \times D^{0,5} = 0,54 \times 2,87 \times 0,67^{0,5} = 1,27 \text{ m}$$

$$h = S + D + 0,30 = 1,27 + 0,67 + 0,30 = 2,24 \text{ m}$$

Dimana:

B	= lebar bak tampungan (m)
L	= panjang bak tampungan (m)
b	= lebar saluran pengarah (m)
S	= kedalaman air di atas pipa pesat (m)
h	= tinggi muka air di bak tampungan (m)
D	= diameter pipa pesat (m)
V	= kecepatan aliran (m/s)

Gambar desain bak tampungan dapat dilihat pada gambar 4.4. di bawah ini:



Gambar 4.4. Desain Bak Tampungan

4.2.6. Perencanaan Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat direncanakan terbuat dari bahan baja (*mild steel*) dan diletakkan minimal pada jarak 30 cm di atas dasar bak tampungan. Pipa pesat direncanakan sebanyak 3 buah, dimensi pipa pesat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Debit masing-masing pipa} = \frac{Q}{3} = \frac{7,98}{3} = 2,66 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$D = 0,176 \times (\text{Pa}/H)^{0,466} = 0,176 \times 17,74^{0,466} = 0,66 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{2,66}{\frac{1}{4}\pi 0,66^2} = 2,87 \text{ m/detik}$$

Tebal pipa pesat dihitung dengan rumus berikut:

$$tp = \left(\frac{P \times D}{\sigma \times \eta} \right) + \varepsilon = \frac{3,6 \times 66}{1400 \times 0,8} + 0,3 = 0,515 \text{ cm}$$

(Sumber: *Standar Perencanaan Mikro Hidro*)

$$tp = \frac{D+500}{400} = \frac{66+500}{400} = 1,415 \text{ cm}$$

(Sumber: *USBR*)

$$tp = \frac{D+800}{400} = \frac{66+800}{400} = 2,165 \text{ cm}$$

(Sumber: *Standart for Penstock and Gate*)

$$e = \left(\frac{P \times D}{2 \sigma k_f} \right) + es = \frac{3,6 \times 66}{2 \times 1400 \times 0,8} + 0,3 = 0,406 \text{ cm}$$

(Sumber: *ESHA. Penche : 2004*)

Dimana:

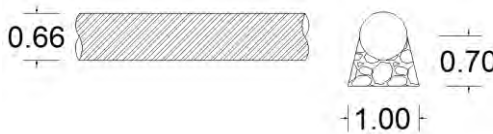
D = diameter pipa pesat (m)

Q = debit (m³/s)

Pa = daya yang dihasilkan per pipa

t_p	= e = tebal plat (cm)
σ	= tegangan ijin plat = 1400 kg/cm^2
η	= kf = efisiensi sambungan las = 0,8
ε	= es = korosi plat yang diijinkan (1-3 mm)
P	= tekanan air dalam pipa pesat = $0,1 \times H_{\text{dyn}}$
H_{dyn}	= $1,2 \times H$ (m)
H	= tinggi terjun desain (m)

Dari sumber pabrikasi pipa pesat yang tersedia, digunakan pipa pesat dengan diameter $\varnothing 660$ dengan tebal 10 mm. Desain pipa pesat dapat dilihat pada gambar 4.5. di bawah ini:



Gambar 4.5. Desain Pipa Pesat

Setelah dilakukan perencanaan dimensi pipa pesat, direncanakan juga tumpuan pipa pesat. Tumpuan pipa pesat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P = W_{\text{pipa}} + W_{\text{air}} = \left(\frac{1}{4} \pi D^2 \rho_{\text{air}} \right) + \left(\pi D t \rho_{\text{baja}} \right)$$

$$= \left(\frac{1}{4} \pi 0,66^2 \times 1000 \right) + \left(\pi 0,66 \times 0,01 \times 7850 \right) = 504,63 \text{ kg/m}$$

$$L = 182,61 \times \left[\frac{(D+0,0147)^4 - D^4}{P} \right]^{0,333}$$

$$= 182,61 \times \left[\frac{(0,66+0,0147)^4 - 0,66^4}{504,63} \right]^{0,333} = 5,97 \text{ m} \approx 6 \text{ m}$$

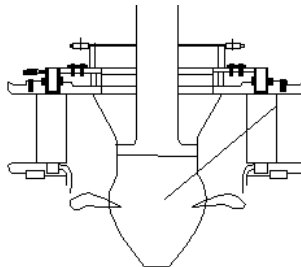
Maka dengan panjang pipa 30 m, tumpuan pipa pesat ada sebanyak $= \frac{30}{6} = 5$ buah

Dimana:

L	= tumpuan pipa pesat (m)
D	= diameter pipa pesat (m)
P	= berat satuan dalam keadaan penuh berisi air (kg/m)

4.2.7. Pemilihan Jenis Turbin

Dari hasil perhitungan, debit andalan untuk PLTMH sebesar $7,98 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan tinggi jatuh sebesar 4 m. Berdasarkan grafik pemilihan jenis turbin dapat digunakan jenis turbin kaplan maupun banki. Karena pemasangannya lebih mudah dan pabrikasinya lebih murah, maka dari itu dipilih turbin jenis *Fixed Blade Kaplan Turbine*. Karena direncanakan pipa pesat sebanyak 3 buah, maka digunakan 3 buah turbin tipe *Fixed Blade Kaplan Turbine* (ZD760-LM-80) dengan $\varnothing 800$ dengan 3 daun baling-baling (1 pipa pesat menuju ke 1 turbin). Turbin jenis ini mempunyai nilai efisiensi turbin sebesar 0,8 dan putaran spesifik (Ns) sampai dengan 1000 rpm serta dapat menghasilkan daya sampai 75 kW. Gambar *Fixed Blade Kaplan Turbine* dapat dilihat pada gambar 4.6. di bawah ini:

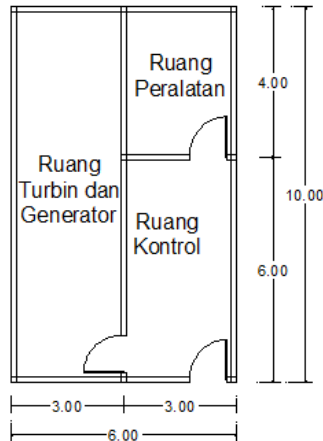


Gambar 4.6. *Fixed Blade Kaplan Turbine*

4.2.8. Perencanaan Rumah Turbin (*Power House*)

Rumah Pembangkit adalah desain terakhir untuk bangunan pembangkit. Rumah pembangkit berisi tempat instalasi turbin, penghubung turbin, generator, ruang peralatan dan ruang kontrol. Desain rumah pembangkit yang baik akan melindungi dan mengatur tata letak turbin, generator, dan peralatan lain di dalamnya dalam jangka waktu yang cukup lama. Dimensi *powerhouse* dirancang berdasarkan kebutuhan ruang dan besaran

untuk dimensi turbin, generator dan peralatan mekanikal elektrikal lainnya. Dimensi pondasi untuk rumah pembangkit dihitung menggunakan perumusan sederhana untuk dimensi pondasi mesin. Denah rumah turbin dapat dilihat pada gambar 4.7. di bawah ini:



Gambar 4.7. Denah *Powerhouse*

4.3. Estimasi Kehilangan Energi

Estimasi kehilangan energi pada perencanaan PLTMH ini dihitung dari *intake* sampai ke pipa pesat. Hasil estimasi kehilangan energi ini nantinya akan digunakan untuk menghitung tinggi jatuh efektif PLTMH.

4.3.1. Kehilangan Energi Karena Pintu Pengambilan

Kehilangan energi karena pintu pengambilan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$h_1 = K_e \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,10 \times \frac{2,1^2}{2 \times 9,81} = 0,022 \text{ m}$$

Dimana:

h_1 = kehilangan energi (m)

v = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

K_e = koefisien, diambil 0,10

4.3.2. Kehilangan Energi Karena *Trash Rack*

Kehilangan energi karena *trash rack* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

1. *Trash Rack* pada *intake*

$$h_2 = 2,24 \times \left(\frac{0,008}{0,1} \right)^{4/3} \sin 75^\circ \times \frac{2,1^2}{2 \times 9,81} = 0,0168 \text{ m}$$

2. *Trash Rack* pada bak tampungan

$$h_2 = 2,24 \times \left(\frac{0,005}{0,05} \right)^{4/3} \sin 75^\circ \times \frac{0,198^2}{2 \times 9,81} = 0,000009 \text{ m}$$

$$h_2 \text{ total} = 0,0168 + 0,000009 = 0,016809 \text{ m}$$

Dimana:

h_2 = kehilangan energi (m)

v = kecepatan aliran (m/s)

β = faktor bentuk (2,24 untuk persegi)

s = tebal jeruji (m)

b = jarak antar jeruji (m)

δ = sudut kemiringan *trash rack*

4.3.3. Kehilangan Energi Pada *Inlet Pipa*

Kehilangan energi pada *inlet* pipa dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$h_3 = k \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,05 \times \frac{2,87^2}{2 \times 9,81} = 0,02099 \text{ m}$$

Dimana :

h_3 = kehilangan energi (m)

v = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

k = 0,05 untuk bentuk yang dibulatkan

4.3.4. Kehilangan Energi Pada Gesekan Pipa

Kehilangan energi pada gesekan sepanjang dinding pipa dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$h_4 = \frac{v^2 \times L}{C^2 \times R} = \frac{2,87^2 \times 30}{66,5^2 \times 0,33} = 0,169 \text{ m}$$

Dimana :

- h_4 = kehilangan energi (m)
- v = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
- L = panjang pipa (m)
- R = jari-jari hidrolis pipa (m)
- C = $K \times R^{1/6}$
- K = koefisien kekasaran stricker = 80 (pipa baja)

4.3.5. Kehilangan Energi Pada Belokan Pipa

Kehilangan energi pada belokan pipa dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$h_5 = k_b \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,14 \times \frac{2,87^2}{2 \times 9,81} = 0,05877$$

Dimana :

- h_5 = kehilangan energi (m)
- v = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- k = koefisien karena belokan pipa

$$\text{Kehilangan energi total} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 0,29 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi jatuh efektif} = 4 \text{ m} - 0,29 \text{ m} = 3,71 \text{ m}$$

4.4. Perhitungan Kapasitas Tenaga Air

Besarnya debit andalan dan tinggi jatuh efektif sangat menentukan kapasitas yang dihasilkan oleh PLTMH. Debit andalan PLTMH diperoleh dari besarnya debit andalan sungai dikurangi dengan debit andalan irigasi. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi turbin dan generator. Efisiensi tersebut sebesar:

$$\text{Efisiensi turbin } (\eta_t) = 0,80$$

$$\text{Efisiensi generator } (\eta_g) = 0,85$$

Jadi efisiensi total yang digunakan untuk menghitung daya adalah:

$$\eta_{\text{total}} = \eta_t \times \eta_g = 0,80 \times 0,85 = 0,68$$

Daya listrik yang dapat dihasilkan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \eta \times g \times Q \times H_{\text{eff}} = 0,68 \times 9,81 \times 7,98 \times 3,71 = 197,49 \text{ kW}$$

Perhitungan energi listrik diperoleh dari besarnya daya listrik yang dihasilkan dikalikan dengan waktu. Rumusnya sebagai berikut:

$$E = D \times t = 197,49 \times 8760 = 1.730.012 \text{ kWh}$$

Dimana:

D	= daya aktual (KW)
g	= percepatan gravitasi (m/s^2)
Q	= debit andalan (m^3/s)
H_{eff}	= tinggi jatuh efektif (m)
η	= efisiensi
E	= energi listrik (KWh)
t	= waktu dalam setahun (jam)

4.5. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi meliputi investasi awal, estimasi manfaat, dan analisa kelayakan ekonomi. Direncanakan umur ekonomis PLTMH selama 25 tahun dan suku bunga 10%.

4.5.1. Investasi Awal

Investasi awal yang dihitung meliputi biaya pembangunan dan biaya pengoperasian PLTMH per tahunnya. Biaya pembangunan dihitung dari rencana anggaran biaya sedangkan biaya pengoperasian PLTMH diasumsikan sebesar 0,1% dari biaya pembangunan dan mengalami kenaikan sebesar 2,5% untuk tahun berikutnya. Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan hasil perencanaan bangunan pembangkit. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya dapat dilihat pada tabel 4.1. di bawah ini:

Tabel 4.1. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya PLTMH

No.	Uraian Jenis Pekerjaan	Jumlah Harga
1.	Pekerjaan Sipil	
1.1.	Pek. Persiapan	Rp 714.485.045,00
1.2.	Pek. Intake	Rp 44.007.651,01
1.3.	Pek. Bak Sedimen	Rp 461.760.705,90
1.4.	Pek. Saluran Pengarah	Rp 10.553.407.324,42
1.5.	Pek. Bak Tampungan	Rp 464.891.946,52
1.6.	Pek. Pipa Pesat	Rp 453.687.617,75
1.7.	Pek. Powerhouse	Rp 631.365.056,34
2.	Pekerjaan Mekanikal Elektrikal	Rp 1.500.000.000,00
3.	Pekerjaan Transmisi dan Distribusi	Rp 234.900.000,00
Total Biaya		Rp 15.038.505.346,93
PPn 10%		Rp 1.503.850.534,69
Total Biaya Pembangunan		Rp 16.550.000.000,00

Jadi total biaya pembangunan PLTMH Jatimlerek sebesar Rp 16.550.000.000,00 (Enam belas milyar lima ratus lima puluh juta rupiah).

4.5.2. Estimasi Manfaat

Estimasi manfaat yaitu menghitung hasil pendapatan per tahunnya dari energi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH dan pendapatan dari reduksi emisi gas karbon (GHG) dan CER.

4.5.2.1. Pendapatan PLTMH

Pendapatan PLTMH dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan} &= \text{Harga jual listrik} \times \text{energi} \\
 &= \text{Rp } 1.075,- \times 1.730.012 \\
 &= \text{Rp } 1.880.292.390,- \text{ pada tahun pertama}
 \end{aligned}$$

Jadi pendapatan yang diperoleh dari hasil energi yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH Jatimlerek sebesar Rp1.880.292.390,- (Satu milyar delapan ratus delapan puluh juta dua ratus sembilan puluh dua ribu tiga ratus sembilan puluh rupiah) pada tahun pertama dan akan mengalami kenaikan harga tarif listrik sebesar 1% per tahunnya.

4.5.2.2. Analisa Reduksi Emisi Gas Karbon (GHG) dan CER

PLTMH berhak mendapatkan kompensasi dana dari badan internasional karena telah membangun alternatif sumber energi listrik yang bersih dan ramah lingkungan. Besarnya dana CER dihitung berdasarkan berapa ton gas karbon yang bisa tereduksi dengan harga tiap ton adalah 11 euro atau setara dengan Rp 162.332,50 (Konversi Euro – rupiah per bulan Juli 2015). Hasil perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{GHG}} &= (e_{\text{base}} - e_{\text{prop}}) E_{\text{prop}} (1 - \lambda_{\text{prop}}) \\ &= (0,754 - 0) 1749 (1 - 0,249) \\ &= 990,38 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CER} &= \Delta_{\text{GHG}} \times \text{harga karbon yang tereduksi} \\ &= 990,38 \times \text{Rp } 162.332,50 \\ &= \text{Rp } 160.770.861,40 \text{ per tahunnya}\end{aligned}$$

Dimana:

- E_{prop} = hasil produksi bangkitan energi PLTMH (MW)
- λ_{prop} = kehilangan energi
- e_{base} = faktor emisi gas karbon dari sumber tidak terbarukan
- e_{prop} = faktor emisi gas karbon dari sumber terbarukan

Jadi pendapatan yang diperoleh dari dana CER sebesar Rp 160.770.861,40 (Seratus enam puluh juta tujuh ratus tujuh puluh ribu delapan ratus enam puluh satu rupiah) per tahunnya.

4.5.3. Analisa Kelayakan Ekonomi

Analisa kelayakan ekonomi untuk menghitung PLTMH ini menggunakan 3 metode yaitu *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), dan *Payback Period* (PbP).

4.5.3.1. Net Present Value (NPV)

NPV adalah selisih antara *benefit* (pendapatan) dengan *cost* (investasi, operasional, biaya pengembalian) yang telah dipresent-valuekan. Jika NPV bernilai positif, maka proyek tersebut dianggap layak. Contoh perhitungannya sebagai berikut:

Tahun ke-0

Cost = investasi = Rp 16.550.000.000,-

Benefit = -

Cash Flow = *Benefit* – *Cost* = -(Rp 16.550.000.000,-)

Tahun ke-1

Suku bunga = $\frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+10\%)^1} = 0,909$

Pengembalian per th = $\frac{\text{investasi awal}}{\text{masa pengembalian}}$
 $= \frac{16550000000}{25} = \text{Rp } 662.000.000,00$

Bunga th 1 = Pengembalian per th x suku bunga
 $= \text{Rp } 662.000.000,00 \times 0,909$
 $= \text{Rp } 601.818.181,82$

Biaya pengembalian = pengembalian per th + bunga
 $= \text{Rp } 662.000.000 + \text{Rp } 601.818.181$
 $= \text{Rp } 1.263.818.181,82,-$

Biaya OP = 0,1% x biaya pembangunan
 $= \text{Rp } 16.550.000,-$

Cost = Biaya pengembalian + biaya OP
 $= \text{Rp } 1.280.368.181,82$

Jual Listrik = Harga jual listrik x energi
 $= \text{Rp } 1.075 \times 1749109,2 = \text{Rp } 1.880.292.390,-$

CER = Rp 160.770.861,40

Benefit = Jual listrik + CER = Rp 2.041.063.251,40

Cash Flow = *Benefit* – *Cost*
 $= \text{Rp } 2.041.063.251,40 - \text{Rp } 1.280.368.181,82$
 $= \text{Rp } 760.695.069,58$

Hasil perhitungan aliran *Cash Flow* untuk tahun berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.2. di bawah ini:

Tabel 4.2. Aliran *Cash Flow*

Th	<i>Benefit</i>	<i>Cost</i>	<i>Cash Flow</i>
0	-	16.550.000.000	(16.550.000.000)
1	2.041.063.251	1.280.368.181	760.695.069,58
2	2.059.866.175	1.226.071.188	833.794.987,3
3	2.078.857.128	1.176.758.242	902.098.886,5
4	2.098.037.991	1.131.977.447	966.060.543,8
5	2.117.410.662	1.091.318.019	1.026.092.643
6	2.136.977.060	1.054.406.548	1.082.570.513
7	2.156.739.122	1.020.903.600	1.135.835.522
8	2.176.698.805	990.500.634	1.186.198.170
9	2.196.858.084	962.917.191	1.233.940.893
10	2.217.218.957	937.898.339	1.279.320.617
11	2.237.783.438	915.212.360	1.322.571.077
12	2.258.553.563	894.648.635	1.363.904.928
13	2.279.531.390	87.6015.729	1.403.515.661
14	2.300.718.996	859.139.648	1.441.579.348
15	2.322.118.477	843.862.253	1.478.256.224
16	2.343.731.953	830.039.822	1.513.692.131
17	2.365.561.564	817.541.738	1.548.019.825
18	2.387.609.471	806.249.301	1.581.360.170
19	2.409.877.857	796.054.641	1.613.823.216
20	2.432.368.927	786.859.742	1.645.509.185
21	2.455.084.908	778.575.540	1.676.509.368
22	2.478.028.048	771.121.114	1.706.906.934
23	2.501.200.620	764.422.947	1.736.777.673
24	2.524.604.918	758.414.252	1.766.190.665
25	2.548.243.258	753.034.365	1.795.208.893
Σ	57.124.744.627	39.674.311.485	

Total *benefit* yang didapatkan selama 25 tahun sebesar Rp 57.124.744.627,34 dan total *cost* yang dikeluarkan selama 25 tahun sebesar Rp 39.674.311.485,16 maka nilai NPV adalah:

$$\begin{aligned}
 NPV &= \Sigma benefit - \Sigma cost \\
 &= \text{Rp } 57.124.744.627,34 - \text{Rp } 39.674.311.485,16 \\
 &= \text{Rp } 17.450.433.142,19
 \end{aligned}$$

NPV bernilai positif sehingga proyek ini dianggap layak.

4.6.3.2. *Benefit Cost Ratio (BCR)*

BCR adalah hasil perbandingan dari *benefit* dan *cost*. Jika BCR lebih dari 1, maka suatu proyek dapat dianggap layak. Rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$BCR = \frac{\Sigma Benefit}{\Sigma Cost} = \frac{\text{Rp } 57.124.744.627,34}{\text{Rp } 39.674.311.485,16} = 1,4398$$

Nilai BCR = 1,4398 > 1, maka proyek ini dianggap layak.

2.6.3.3. *Payback Period (PbP)*

PbP adalah metode untuk menghitung seberapa cepat investasi bisa kembali. Apabila periode pengembalian lebih pendek daripada umur ekonomis proyek, maka investasi dianggap menguntungkan. Contoh perhitungannya sebagai berikut:

Tahun ke-0

$$\begin{aligned}
 \text{Cash In} &= \text{benefit th ke-0} = 0 \\
 \text{Cash Out} &= \text{cost th ke-0} = \text{Rp } 16.550.000.000,- \\
 \text{Net Cash Flow} &= \text{Cas In} - \text{Cash Out} \\
 &= 0 - \text{Rp } 16.550.000.000,- \\
 &= -(\text{Rp } 16.550.000.000,-)
 \end{aligned}$$

Tahun ke-1

$$\begin{aligned}
 \text{Cash In} &= \text{benefit th ke (0 +1)} = \text{Rp } 2.041.063.251,00 \\
 \text{Cas Out} &= \text{cost th ke (0 + 1)} \\
 &= \text{Rp } 16.550.000.000,- + \text{Rp } 1.280.368.181,- \\
 &= \text{Rp } 17.830.368.182,00 \\
 \text{Net Cash Flow} &= \text{Cas In} - \text{Cash Out} \\
 &= \text{Rp } 2.041.063.251 - \text{Rp } 17.830.368.182 \\
 &= \text{Rp } -(15.789.304.930,00)
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan aliran *Net Cash Flow* tahun berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.3. di bawah ini:

Tabel 4.3. Akumulasi *Net Cash Flow*

Th	<i>Cash In</i>	<i>Cash Out</i>	<i>Net Cash Flow</i>
0	0	16.550.000.000	(16.550.000.000)
1	2.041.063.251	17.830.368.182	(15.789.304.930)
2	4.100.929.427	19.056.439.370	(14.955.509.943)
3	6.179.786.555	20.233.197.612	(14.053.411.057)
4	8.277.824.546	21.365.175.059	(13.087.350.513)
5	10.395.235.209	22.456.493.078	(12.061.257.870)
6	12.532.212.269	23.510.899.626	(10.978.687.357)
7	14.688.951.391	24.531.803.226	(9.842.851.835)
8	16.865.650.196	25.522.303.861	(8.656.653.665)
9	19.062.508.281	26.485.221.052	(7.422.712.772)
10	21.279.727.238	27.423.119.392	(6.143.392.155)
11	23.517.510.675	28.338.331.753	(4.820.821.078)
12	25.776.064.239	29.232.980.388	(3.456.916.150)
13	28.055.595.629	30.108.996.118	(2.053.400.489)
14	30.356.314.625	30.968.135.766	(611.821.141)
15	32.678.433.102	31.811.998.019	866.435.082
16	35.022.165.055	32.642.037.842	2.380.127.213
17	37.387.726.619	33.459.579.581	3.928.147.038
18	39.775.336.090	34.265.828.882	5.509.507.208
19	42.185.213.948	35.061.883.524	7.123.330.424
20	44.617.582.875	35.848.743.266	8.768.839.609
21	47.072.667.783	36.627.318.806	10.445.348.977
22	49.550.695.831	37.398.439.920	12.152.255.911
23	52.051.896.451	38.162.862.867	13.889.033.584
24	54.576.501.369	38.921.277.120	15.655.224.249
25	57.124.744.627	39.674.311.485	17.450.433.142
Σ	715.172.337.281	757.487.745.795	

$$X = \frac{\Sigma \text{Cash In}}{\Sigma \text{Cash Out}} = \frac{715.172.337.281}{757.487.745.795} = 0,944$$
$$\text{PbP} = 15 + 0,944 = 15,94 \text{ tahun}$$

Jadi periode pengembalian investasi selama 15,94 tahun < umur ekonomis proyek selama 25 tahun, maka proyek ini dianggap layak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

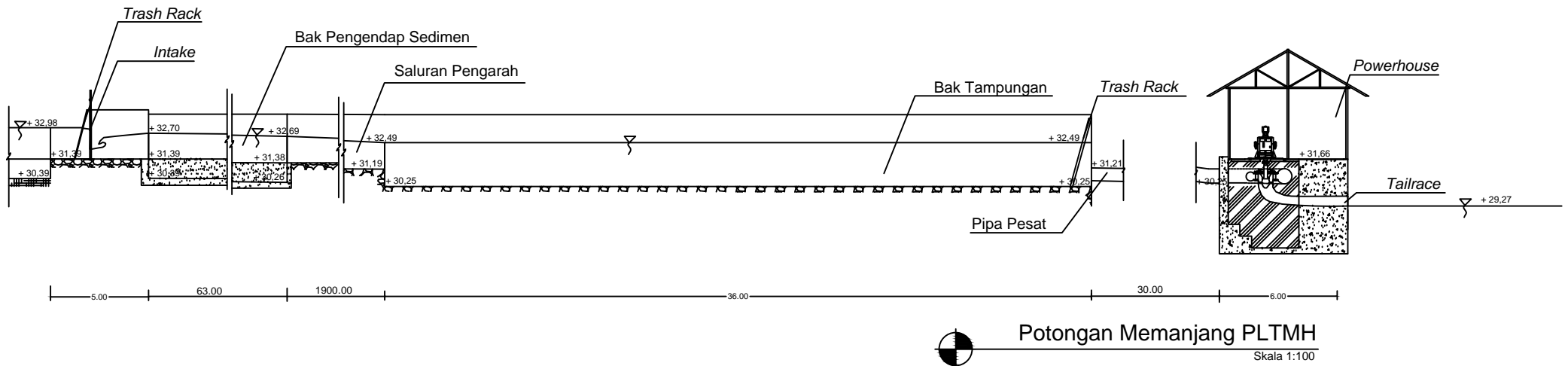
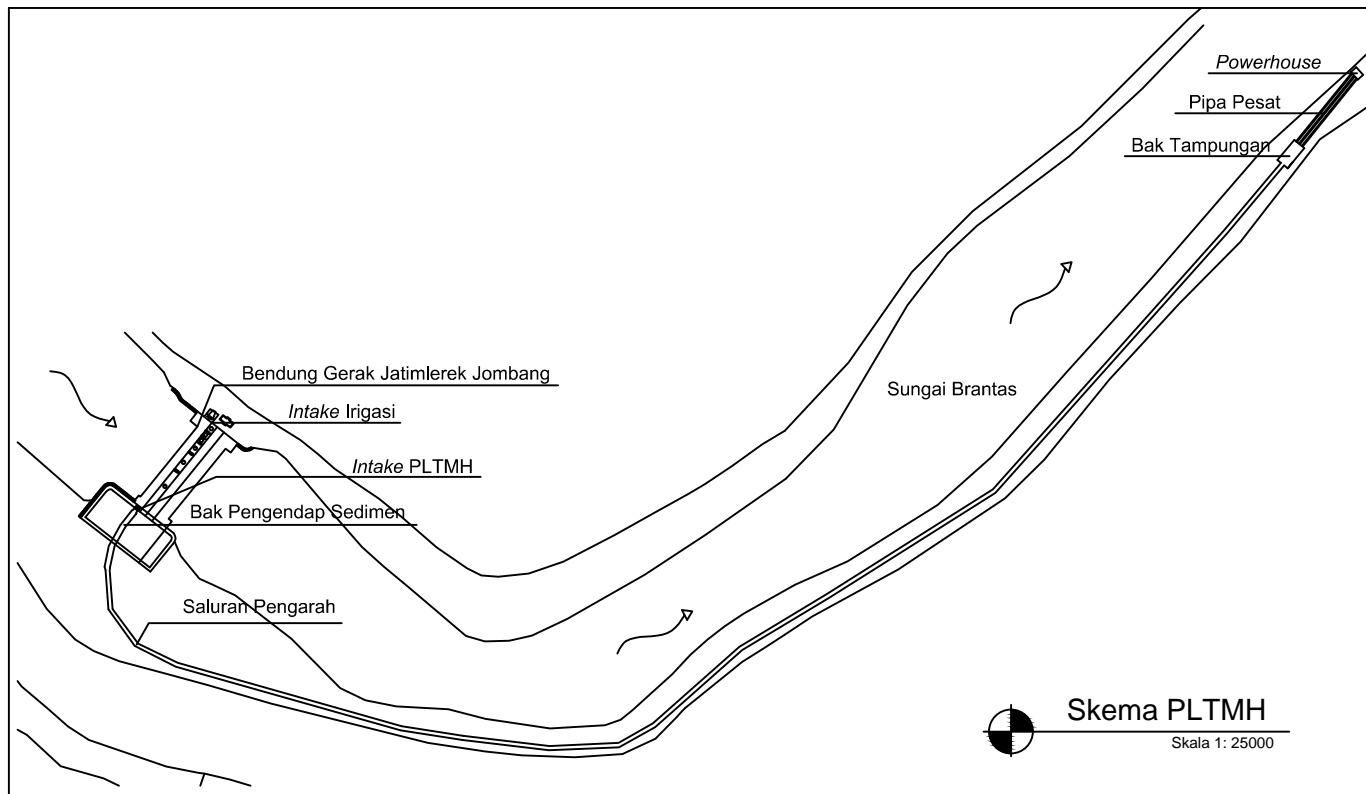
Perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Bendung Gerak Jatimlerek Jombang sebagai salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi listrik menghasilkan data-data perencanaan sebagai berikut:

1. Debit andalan untuk PLTMH sebesar $7,98 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Tinggi jatuh efektif untuk PLTMH sebesar $3,75 \text{ m}$.
3. Data perencanaan bangunan pembangkit:
 - Pintu Pengambilan (*Intake*) dilengkapi *Trash Rack*
 - Jumlah pintu = 3 buah
 - Dimensi pintu = $1,50 \times 2,00 \text{ m}$
 - Tinggi bukaan pintu = $0,497 \text{ m}$
 - Tebal plat pintu = $5,00 \text{ cm}$
 - Jumlah stang pintu = 2 buah
 - Diameter stang pintu = $5,00 \text{ cm}$
 - Dimensi *Trash Rack* = $3 \times 3 \text{ m}$
 - Jumlah *Trash Rack* = 2 buah
 - Bak Pengendap Sedimen
 - Panjang = 63 m
 - Lebar = 7 m
 - Tinggi = $1,3125 \text{ m}$
 - Saluran Pengarah
 - Panjang = 1900 m
 - Lebar = 6 m
 - Tinggi = $1,3 \text{ m}$
 - Bak Tampungan
 - Panjang = 36 m
 - Lebar = 18 m
 - Tinggi = $2,24 \text{ m}$
 - Dimensi *Trash Rack* = $3 \times 4 \text{ m}$
 - Jumlah *Trash Rack* = 5 buah

- Pipa Pesat (Penstock)
 - Jumlah = 3 buah
 - Diameter = 0,66 m
 - Tebal pipa = 1,00 cm
 - Turbin
 - Jumlah = 3 buah
 - Jenis = *Fixed Blade Kaplan Turbine*
 - Diameter = 0,8 m
 - Rumah Turbin
 - Dimensi = 6 x 10 m
4. Perencanaan PLTMH ini mampu menghasilkan daya sebesar 197,49 kW atau setara dengan 1.730.012 kWh
 5. Biaya pembangunan PLTMH ini sebesar Rp 16.550.000.000,- (Enam belas milyar lima ratus lima puluh juta rupiah) dan hasil analisa kelayakannya sebagai berikut:
 - Metode NPV = Rp 17.450.433.142,19 → layak
 - Metode BCR = 1,4398 > 1 → layak
 - Metode PbP = 15,49 tahun < 25 tahun → layak

1.2. Saran

Dalam penyusunan tugas akhir PLTMH ini masih terdapat banyak kekurangan terutama untuk hal-hal yang dijadikan batasan masalah karena terbatasnya waktu pengerjaan. Oleh karena itu diperlukan *feasibility study* lebih lanjut dan perencanaan yang lebih detail agar dapat merencanakan PLTMH yang layak. Adanya literatur dan penelitian yang lebih lanjut juga dapat menunjang pengerjaan tugas akhir ini agar mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

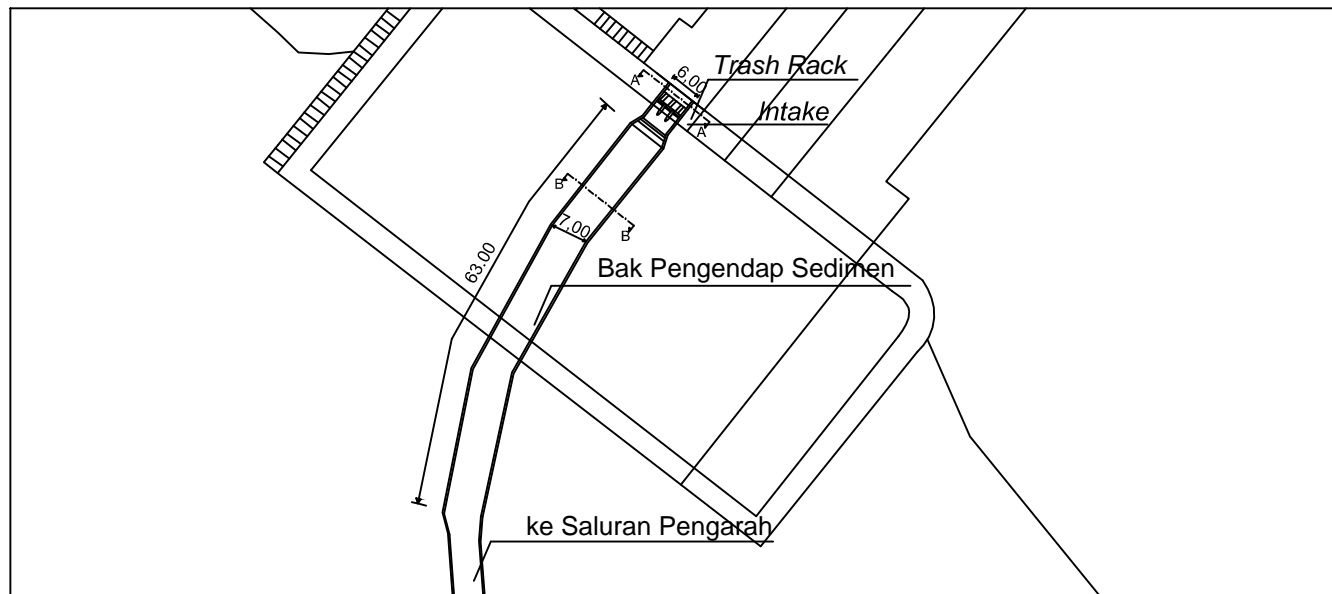
JUDUL TUGAS
**TUGAS AKHIR
PLTMH**

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Tech. Umboro L., ST., MSc.
M. Bagus Ansori, ST., MT.

MAHASISWA
Suryani Putri Listiyanto
3111100014

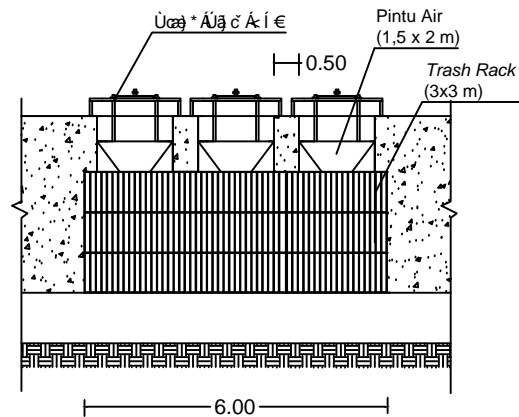
JUDUL GAMBAR
Skema dan Potongan
Memanjang PLTMH

HALAMAN
67



Skema Intake dan Bak Pengendap Sedimen

Skala 1:100

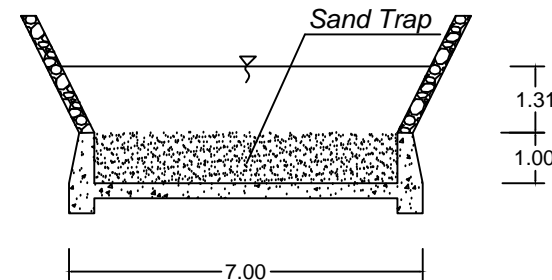


- + 32,98 (M.A. Maksimum)
- + 32,79 (M.A. Normal)
- + 32,54 (M.A. Rendah)
- + 31,39 (Elevasi Ambang)
- + 30,39 (Elev. Dasar Sungai)



Potongan A - A

Skala 1:100



Potongan B - B

Skala 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS

**TUGAS AKHIR
PLTMH**

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Tech. Umboro L., ST., MSc.
M. Bagus Ansori, ST., MT.

MAHASISWA

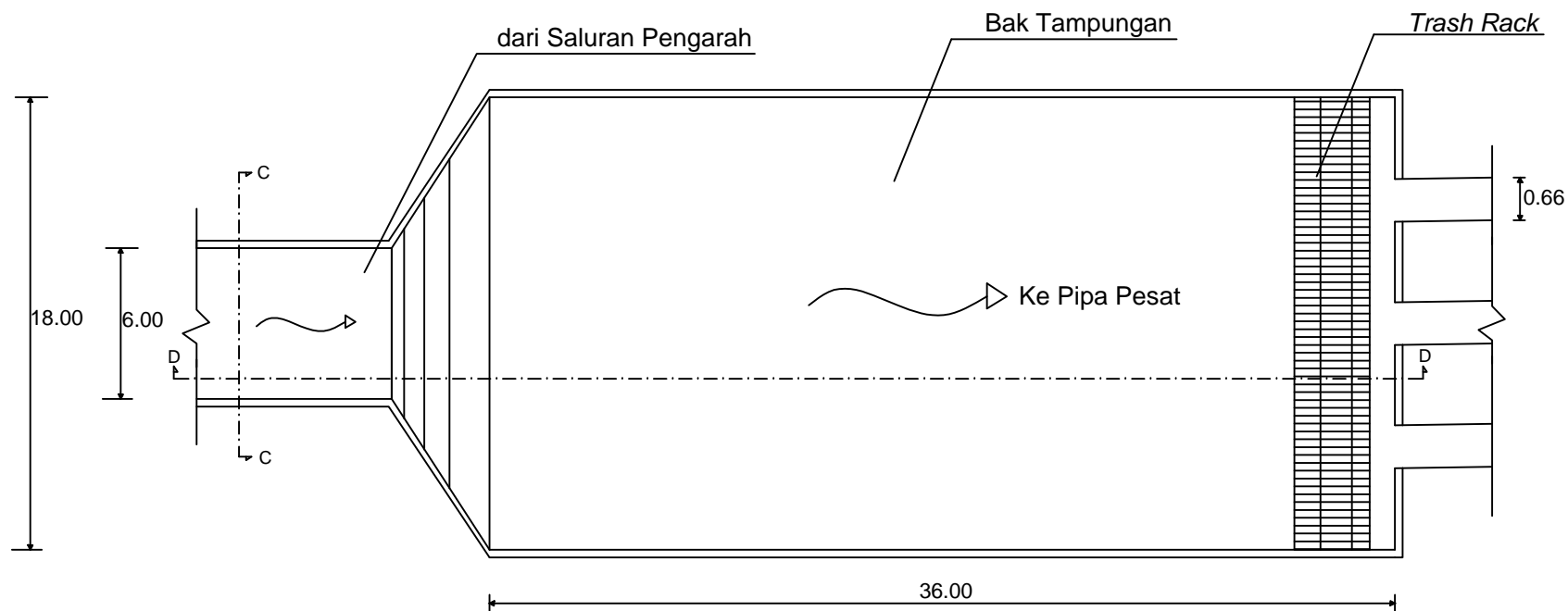
Suryani Putri Listiyanto
3111100014

JUDUL GAMBAR

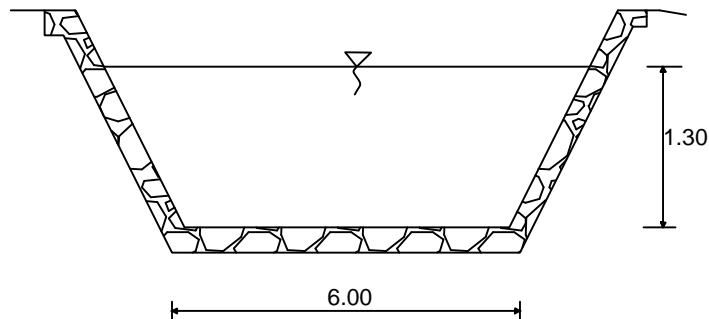
**Detail Intake dan Bak
Pengendap Sedimen**


HALAMAN

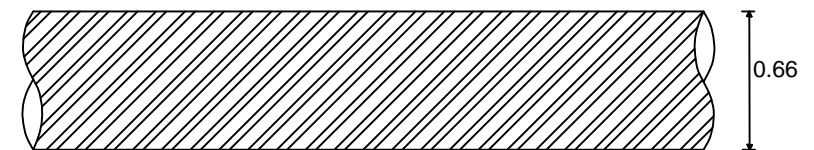
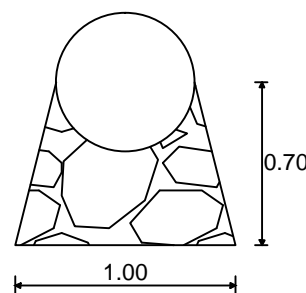
68



 **Bak Tampungan**
Skala 1:100

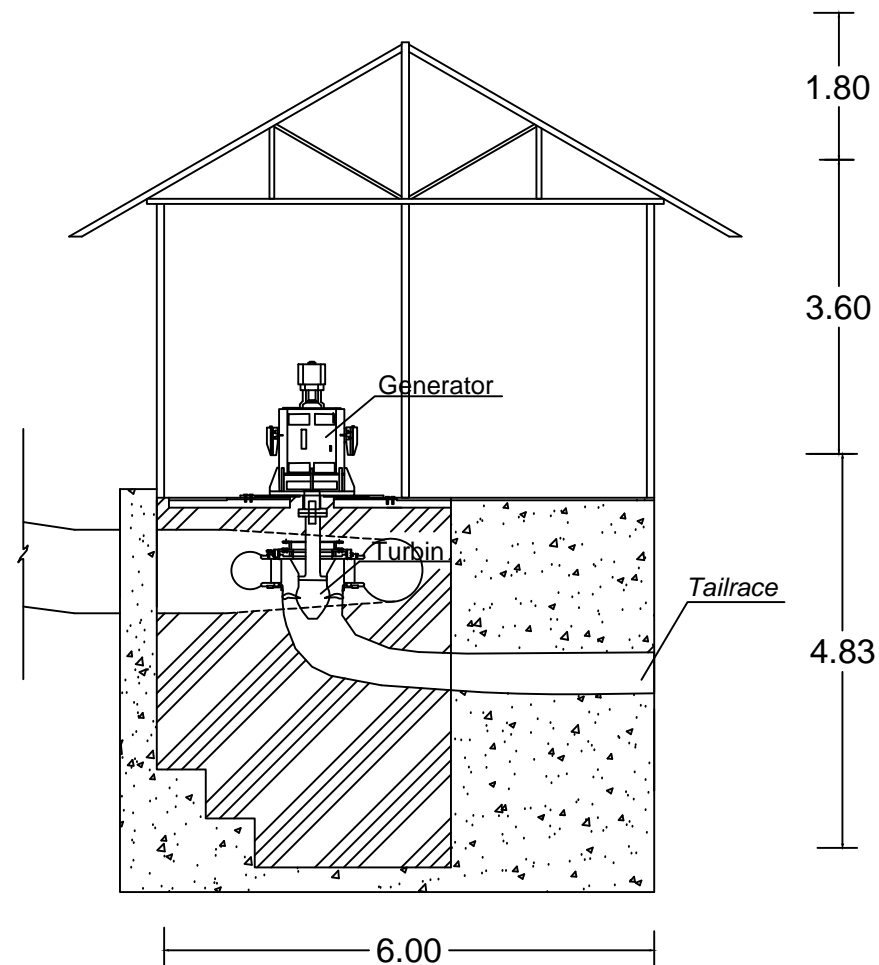
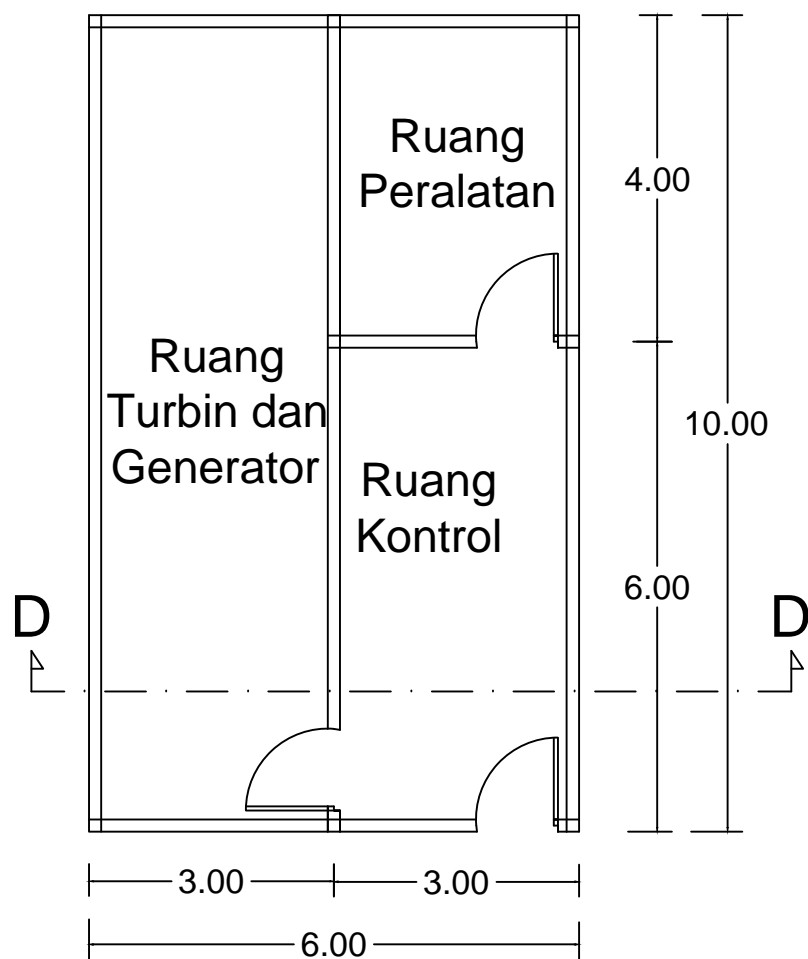


 **Potongan C - C**
Skala 1:200



 **Desain Pipa Pesat**
Skala 1:200







Berat total (gram) **276,5**

Berat tempat (gram) **17,5**

Berat contoh (gram) **259,0**

Proyek :

River **Kali Brantas Jombang**

Location **Bendung Gerak Jatimlerek**

Sample No. : **I**

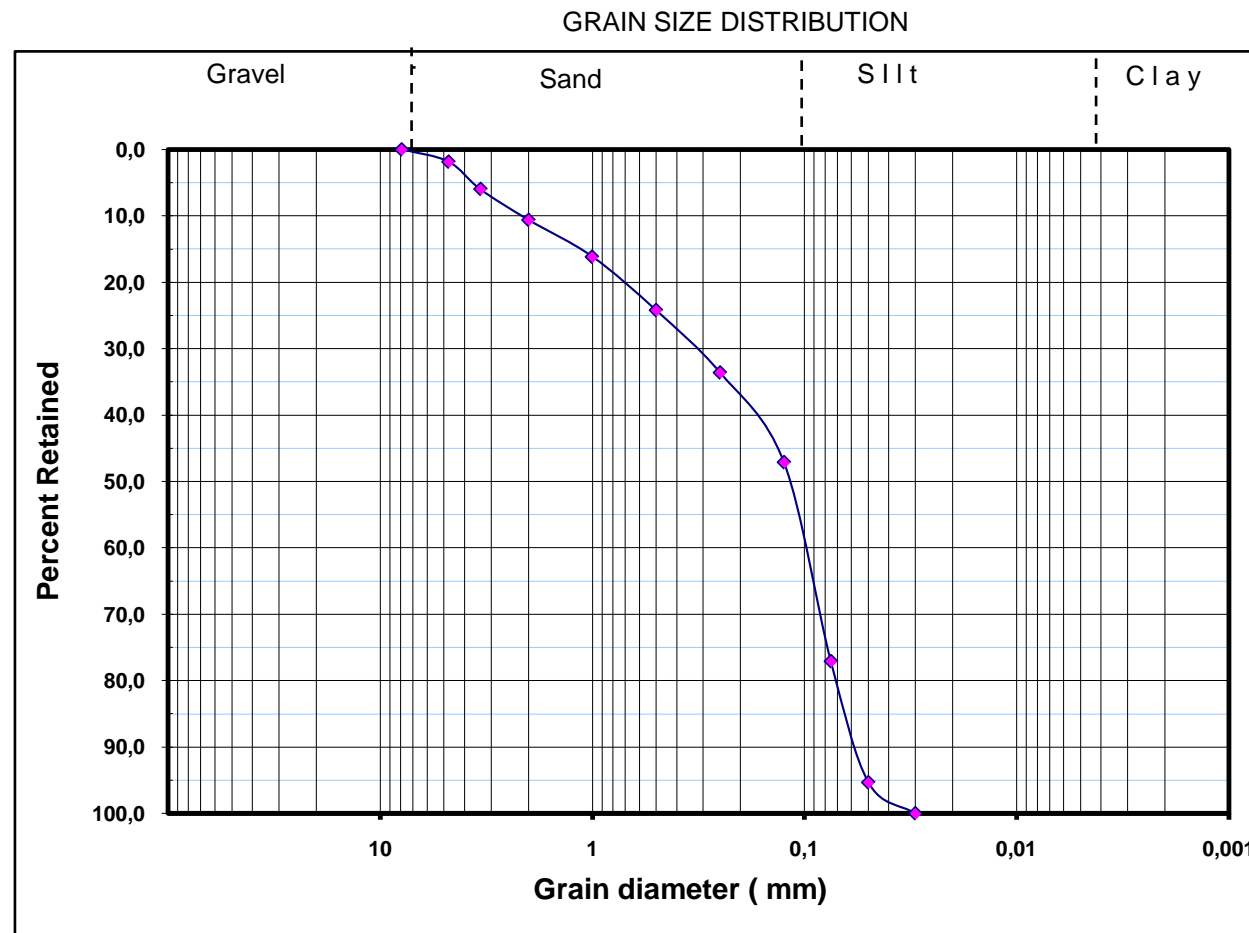
Date of sampling : **03-03-2015**

Jam : **15:00**

Tested by : **Laborant**

Date of testing : **10-03-2015**

Diameter (mm)	Tertahan			
	Berat		Prosen	
	Total (gram)	Contoh (gram)	(%)	Σ (%)
19,05	17,5	0,0	0,0	0,0
12,7	17,5	0,0	0,0	0,0
7,9	17,5	0,0	0,0	0,0
4,76	22,3	4,8	1,9	1,9
3,36	28,2	10,7	4,1	6,0
2	29,5	12,0	4,6	10,6
1	31,8	14,3	5,5	16,1
0,5	38,5	21,0	8,1	24,2
0,25	41,7	24,2	9,3	33,6
0,125	52,5	35,0	13,5	47,1
0,075	95,1	77,6	30,0	77,1
0,05	64,8	47,3	18,3	95,3
0,03	29,6	12,1	4,7	100,0
0,02				
0,008				
0,005				
0,003				
0,001				



Grain Diameter :	
-D 90 :	mm
-D 65 :	mm
-D 50 :	mm
-D mean :	mm

Description of soil	
- Gravel	% 3,00
- Sand	% 52,00
- Silt	% 45,00
- Clay	% 0,00

GS =

0



LABORATORIUM KEAIRAN DAN TEKNIK PANTAI

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP -ITS.

Kampus ITS. Keputih, Sukolilo, Surabaya (60111)

Telp.: 031-5928602, 5946094 Pesw. 1250 , Fax. 031-5928602

[e-mail: hidrosipilits@yahoo.co.id](mailto:hidrosipilits@yahoo.co.id)

SEDIMENT CONCENTRATION NOTE, DEPTH INTEGRATED SAMPLES

Stream and location : Kali Brantas

Computed by :

Checked by : Laborant

Date			03/03/2015	03/03/2015				
Time			15,00	15,10				
Gauge Height			K. Brantas	K. Brantas				
Sampling STA								
Temp. and Spec. Cond								
Remarks			1	2				
Weight of	Gross	(gram)	638,50	611,00				
Samples	Tare	(gram)	17,50	19,00				
	Net	(gram)	621,00	592,00				
Container No.								
Weight of	Gross	(gram)	1,5960	1,6020				
Sediment	Tare	(gram)	1,3285	1,3245				
	Net	(gram)	0,2675	0,2775				
	D.S. Corr.							
	Net	(gram)	0,2675	0,2775				
Conc. (ppm)			431	469				

LAMPIRAN 7

DATA DEBIT SUNGAI BRANTAS – JOMBANG

NO. POS DUGA AIR : 2-57-18-1

ELEVASI PDA : +36.00

KETERANGAN MENGENAI POS DUGA AIR:

DIDIRIKAN : TANGGAL 00/00/1969 OLEH DPMA

PEROIDE PENCATATAN : TANGGAL 00/00/1969 SAMPAI DENGAN 31/12/2014

JENIS ALAT : PESAWAT OTOMATIK MINGGUAN

PENENTUAN BESARNYA ALIRAN :

BESARNYA ALIRAN DITENTUKAN BERDASARKAN RUMUS LENGKUNG $Q=15,920 (H 0,315)^{2,813}$ HASIL ANALISA PAKET PROGRAM IHYMO (RATCUV) MENGGUNAKAN DATA PENGUKURAN ALIRAN DARI TAHUN 1990 SAMPAI DENGAN TAHUN 1998

PELAKSANA : BAGIAN PROYEK HIDROLOGI JATIM

Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2005	1	319	215	103	228	128	119	38,8	24	26,7	41,6	116	170
	2	278	203	104	321	235	117	29,5	25,6	26,9	38,6	113	109
	3	278	178	84	345	270	132	26,1	26,6	26,2	36,5	117	92
	4	212	196	258	237	396	148	25,4	26,8	26,4	41	105	78
	5	138	139	274	173	293	168	26,3	27,7	25,7	41,4	113	70,4
	6	130	303	189	149	243	165	25,7	28,7	25,8	40,5	118	66,1
	7	136	198	137	229	232	150	23,5	28,9	26	42,9	110	63,3
	8	93	317	191	309	155	131	23,5	29,1	27	41	102	53,3

9	133	245	153	296	114	117	24,5	28,4	27,2	35,6	144	45,9
10	102	222	152	411	102	122	24,6	28,5	26,5	31,4	236	82
11	65,7	100	267	495	78,5	122	23,3	27,8	27,6	28,4	217	134
12	48,2	79	470	257	87	106	23,3	28,8	27,8	30,4	451	252
13	41,1	189	691	195	82	88	23,5	29,9	28	33,6	298	444
14	42,4	135	851	245	66,1	89	24,4	31	28,2	39,2	209	379
15	39,7	114	711	261	96	70,1	23,8	31,2	27,4	43,9	327	296
16	23,6	80	479	773	117	61,9	22,4	30,5	27,5	61,6	691	229
17	121	64	282	544	95	65,5	21,7	31,5	28,7	82	429	127
18	332	67	167	561	91	67,2	21,8	31,7	28,9	135	244	162
19	280	67,4	128	577	95	61,3	22	31,8	30,1	226	234	132
20	429	201	135	457	122	57,7	22,9	31,1	30,3	183	242	96
21	214	419	281	338	178	56,5	24,6	32,1	31,5	161	269	75
22	204	297	569	270	285	59,1	25,6	32,4	32,7	136	387	71,7
23	137	331	378	194	321	58,3	26,5	31,7	33,9	62,6	579	82
24	106	263	278	194	305	56	25,2	31,8	34,2	47,1	365	58,9
25	96	303	401	184	291	53,7	23,7	32	32,4	65,8	288	51,8
26	94	238	456	221	210	55,1	23,1	31,3	32,5	93	309	48
27	107	302	466	379	198	54,1	23,2	31,4	32,7	115	286	45,7

	28	101	219	532	240	163	55,5	24,1	31,6	34,8	371	277	44,5
	29	161		734	180	139	54,6	23,5	35,2	42,5	218	262	44,5
	30	324		530	105	119	49,2	25,2	35,5	45,2	429	220	36,9
	31	247		276		126		24,6	35,7		93		35,6
Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2006	1	23,5	198	222	556	66,3	27,7	27,2	23,9	27,8	28,3	45,9	98
	2	30,7	188	125	609	220	38,6	39,4	26,2	33,6	31,1	72,5	242
	3	31	267	223	670	456	50	39,9	27	31,6	32	55,4	263
	4	43,6	510	185	699	277	81	28,4	26,3	30,7	38	47,4	171
	5	83	406	121	899	170	174	29,6	20,2	29,3	42,7	47,6	223
	6	125	355	114	648	75	113	27,9	19,3	29,9	62,6	44,8	169
	7	316	399	222	571	40,9	128	27,1	17,2	27,3	64,6	46,3	129
	8	324	490	73	368	26,7	84	30,4	17,8	29,1	69,6	76,4	119
	9	396	609	73	666	53,9	93	21,8	18,5	36	85,2	84	69,6
	10	596	577	71	303	80	223	30,2	21,4	34	76,5	47,3	48
	11	479	514	54	323	43,4	180	29,7	20,7	33,1	67,6	32,2	36,4
	12	299	356	906	307	53,3	371	31,4	21,5	33,8	64,8	28,6	41,3
	13	197	274	333	248	37	330	32,3	22,3	30,1	30,3	29,8	44,2
	14	129	168	150	288	30,4	185	28,1	26,1	29,9	35,3	32	41,6

	15	73	175	132	135	28,2	199	27,9	27	29,3	47,5	44,5	49,6
	16	64,6	399	258	264	27,1	250	23,3	21,7	29,9	43,1	97	90
	17	57,6	224	280	454	26,2	135	22,3	20	29,9	56,1	146	88
	18	53,3	272	185	676	24,4	75,3	21,5	22,2	36	57,7	333	153
	19	118	360	181	312	24,4	73,1	26,1	29,4	32,4	49,4	273	65,8
	20	163	249	184	269	46,6	52	33,9	25,6	31,5	52	272	63,9
	21	257	223	181	74	45,4	46,8	34,2	23,9	33,8	77,8	179	58,4
	22	864	189	64	52	53,4	65,3	35,1	26,2	33,1	89,6	90	45,2
	23	400	172	106	44	34	42,1	41,7	24	33,8	157	67,5	51,7
	24	362	139	353	82	33,2	44,2	39	18,7	33,9	252	58,7	64,6
	25	212	118	533	220	19,5	53,1	32,6	19,9	33,9	168	55,3	50,3
	26	193	123	684	201	11,2	34,7	32,4	20,7	37,7	274	63,1	59,1
	27	491	108	925	127	14	39,8	33,2	18	37,9	150	36,4	62,5
	28	783	82	773	48	15	36,1	35	19,8	36,3	88,2	36,7	49,6
	29	389		728	26	34,4	36,9	26,6	18,6	40,4	66,7	41,2	91
	30	280		501	13,2	30,2	25,1	25,5	18,5	38	53,8	34	156
	31	208		369		16,4		24,7	17,9		66		113
Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2007	1	158,99	115,09	56,18	108,33	71,4	17,87	13,98	16,67	13,76	17,64	24,3	22,3

2	86,07	89,75	55,58	97,5	67,05	18,73	12,96	15,48	13,89	17,11	25,78	21,59
3	46,81	44,44	50,89	96,06	61,47	16,2	12,47	14,24	15,39	16,57	26,53	21,56
4	41,13	115,33	45,17	86,02	59,34	14,22	12,6	14,45	14,26	16,72	27,24	22,93
5	52,83	92,19	39,02	77,47	58,45	15,67	12,76	13,92	14,6	17,59	25,9	23,67
6	56,52	73,43	28,1	70,63	54,33	17,28	14,11	14,03	15,27	17,11	30,35	26,44
7	69,43	47,73	28,3	71,73	51,26	18,2	14,34	15,55	16,14	14,82	26,03	29,6
8	78,23	45,95	25,6	70,97	47,46	18,41	15,22	13,8	16,35	15,3	25,84	32,85
9	80,08	72,53	26,34	70,12	43,63	19,28	14,06	13,87	16,52	16,16	26,53	27,5
10	61,52	73,94	26,55	71,45	42,74	22,97	13,57	14,03	15,33	17,06	26,56	40,29
11	36,11	81,82	24,67	70,69	39,24	19,13	15,68	14,18	15,46	16,58	26,56	59,17
12	15,5	82,48	22,01	69,84	39,31	17,76	17,31	13,74	16,32	17,42	28,83	26,52
13	18,6	85,47	24,15	67,9	38,67	15,82	18,23	13,88	15,84	18,31	29,7	23,07
14	27,06	96,86	29,52	70,27	35,35	13,32	17,07	14,03	17,36	17,83	28,95	25,73
15	57,7	93,35	34,6	67,38	30,27	13,37	13,84	14,19	17,6	17,98	24,59	34,25
16	64,36	108,01	39,28	70,8	25,59	14,12	13,86	13,75	18,47	18,16	23,04	35,38
17	62,91	98,87	44,95	67,95	18,34	13,7	13,42	13,88	17,99	16,97	26,41	39,74
18	64,01	85,13	52,21	74,63	16,84	12,05	15,51	14,03	18,14	16,41	25,87	25,03
19	60,15	72,29	53,73	76,04	18,34	12,13	16,45	15,56	19	14,46	27,21	32,63
20	60,23	68,46	63,52	72,26	17,89	13,48	15,98	13,81	21,27	14,39	27,27	41,39

	21	71,22	62,81	62,02	74,54	16,67	13,09	14,1	15,2	23,8	14,39	35,08	52,06
	22	78,92	60,67	58,42	68,37	17,48	13,22	14,17	14,09	24,1	16,47	90,08	53,47
	23	72,53	55,42	62,36	69,48	17,68	12,78	14,42	14,19	24,3	16,56	79,53	54,49
	24	61,71	55,47	71,73	77,76	17,18	15,46	15,24	13,75	23,73	17,24	49,63	61,9
	25	70,18	57,94	69,98	80,81	15,96	14,36	15,42	13,88	22,65	14,51	26,74	64,38
	26	70,83	51,82	76,24	82,43	16,08	13,87	14,23	14,04	21,09	15,79	23,1	103,74
	27	76,79	50,83	79,22	79,19	15,57	13,4	14,42	13,6	19,81	14,45	22,99	55,59
	28	110,06	48,1	109,43	76,94	14,34	14,13	15,24	14,54	18,56	13,2	23,99	43,09
	29	99,19		105,26	78,36	15,85	13,71	16,1	15,27	18,68	13,74	21,62	122,56
	30	123,62		103,96	77,52	18,14	13,25	16,31	14,1	18,18	13,77	22,93	127,47
	31	115,95		107,17		17,72		16,49	14,2		16,45		132,26
Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2008	1	108,23	130,39	104,02	82,74	103,27	41,4	26,87	29,3	21,69	21,43	62,47	120,76
	2	110,82	130,33	97,23	87,37	110,06	39,47	26,38	30,42	21,46	17,68	37,93	160,29
	3	111,81	125,16	90,19	95,85	104,94	38,28	25,48	29,18	20,17	20,23	41,88	106,66
	4	110,58	130,65	84,4	94,4	99,23	35,94	24,51	29,57	18,43	30,58	41,66	142,54
	5	113,92	131,7	78,23	93,03	97,31	35,99	23,34	29,62	18,75	22,87	32,65	152,32
	6	115,42	127,27	73,11	93,31	102,57	34,57	22,13	29,17	18,6	19,67	30,12	195,94
	7	120,65	128,7	70,49	97,54	101,35	33,95	20,59	29,69	17,85	17,94	31,65	198,16

8	125,12	124,64	71,94	94,8	99,4	32,49	20,66	30	17,95	14,59	27,69	174,14
9	128,23	115,94	77,29	94,11	96,03	33,05	19,67	30,7	18,22	17,68	26,19	226,02
10	129,45	106,46	85,95	94,82	98,19	33,62	19,47	30,31	17,37	17,49	23,28	170,18
11	126,76	102,52	83,49	93,47	101,69	34,73	17,79	29,37	18,01	14,69	20,55	111,8
12	122,57	104,25	83,78	97,67	96,25	35,66	18,24	28,13	17,25	12,96	21,04	99,47
13	117,88	102,81	97,42	99,4	94,84	35,02	17,47	26,63	16,75	13	19,65	90,28
14	114,22	106,57	99,98	91,81	97,81	35	16,79	27,12	17,18	12,87	19,02	93,46
15	116,41	118,81	92,51	88,61	93,06	35,21	17,31	26,57	17,05	13,4	20,85	85,72
16	119,18	122,78	89,69	91,62	85,61	36,4	17,5	26,78	17,05	12,79	21,68	63,59
17	115,63	116,68	88,05	98,12	80,76	35,8	17,75	26,28	17,09	13,07	27,5	53,69
18	114,47	115,18	79,6	104,08	75,29	35,69	16,71	26,15	16,72	12,79	65,55	75,07
19	116,6	106,98	85,49	104,24	70,71	33,49	15,42	25,89	16,22	12,75	109,2	137,44
20	119,13	103,62	94,07	97,06	65,73	33,08	14,85	24,32	17,72	12,91	104,98	107,56
21	123,78	101,46	92,71	98,87	61,27	34,38	14,09	24,14	18,01	14,77	139,97	107,27
22	125,46	101,06	91,08	101,48	60,01	33,15	14,39	23,35	17,57	14,05	145,27	137,02
23	127,35	110,88	99,5	98,42	59,76	35,08	14,21	23,12	18,38	16,64	232,56	165,11
24	126,89	115,31	113,45	106,37	58,02	34,97	13,5	23,87	18,26	18	145,58	87,09
25	130,16	104,9	114,53	110,41	54,94	33,5	14,38	24,95	16,46	18,04	121,32	63,02

	26	129,77	96,86	117,07	110,4	52,59	32,43	14,65	24,96	16,64	18,62	124,79	74,64
	27	126,4	89,72	108,45	105,29	53,35	32,5	15,68	24,49	17,51	17,9	115,72	72,68
	28	135,19	88,13	106,08	103,95	53,78	31,68	16,88	25,86	17,33	16,44	109,9	50,99
	29	135,6	119,91	102,22	104,13	51,34	30,76	16,15	27,61	18,03	18,93	88,87	61,99
	30	139,15		94,73	106,05	49,26	30,77	17,03	26,44	19,72	25,6	91,03	93,44
	31	136,15		90,55		49,6		17,83	26,44		37,87		115,17
Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2009	1	60,35	113,21	190,49	117,72	39,63	43,05	35,19	26,84	21,9	30,98	18,07	116,9
	2	50,14	90,78	133,58	142,52	37,03	31,9	30,76	24,48	17,59	27,45	14,57	155,26
	3	45,59	79,55	129,11	142,7	40,94	35,76	33,72	32,41	18,61	25,87	13,91	278,25
	4	53,83	183,56	257,54	253,76	170,65	84,99	69,75	63,55	47,46	61,36	44,62	318,44
	5	51,25	134,27	140,15	109,69	62,83	44,52	29,62	25,89	25,95	36,79	22,73	63,53
	6	48,44	114,49	96,01	83,44	45,39	36,33	31,04	17,04	19,32	25,57	14,62	36,7
	7	48,74	86,85	95,43	80,44	42,02	32,4	32,94	18,25	20,6	26,28	15,76	29,45
	8	69,54	91,14	82,01	62,18	54,62	33,08	32,51	16,66	20,55	24,67	14,38	23,51
	9	93,06	97,11	106,06	69,23	40,41	33,1	31,03	22,93	23,12	30,45	18,9	20,65
	10	85,65	66,46	101,85	51,8	34,46	26,08	21,93	17,99	18,04	26,44	14,36	18,52
	11	90,45	57,77	139,32	65,47	42,61	28,58	21,34	15,89	19,16	26,7	15,18	16,03
	12	61,45	59,98	105,78	69,72	32,25	25,88	22,78	15,62	17	24,48	15,75	15,47

13	65,68	84,8	104,19	62,41	28,11	20,65	17,81	13,34	16,19	21,26	15,12	15,05
14	70,76	67,64	115,71	46,47	24,62	19,5	14,47	13,85	16,55	19,51	14,89	14,84
15	85,37	66,8	229,29	45,45	24	22,02	13,86	13,57	17,57	17,4	13,24	13,91
16	83,47	77,14	210,67	50,75	23,56	21,07	16,28	10,91	23,68	17,26	12,17	11,37
17	91,85	68,12	173,51	48,4	32,33	23,16	16	11,52	30,56	16,1	11,75	11,17
18	74,32	71,17	143,43	37,98	37,25	25,1	25,1	16,84	35,15	18,74	17,27	12,92
19	120,01	144,08	225,45	38,7	21,83	18,98	21,03	14,83	29,6	17,02	15,58	11,78
20	71,33	201,07	130,49	62,85	39,72	20,91	23,69	12,53	24,77	16,62	12,75	11,51
21	74,1	160,72	90,77	43,5	30,27	19,63	20,6	12,88	28,35	18,4	13,14	17,56
22	76,79	199,99	99,69	42,1	29,87	29,32	128,11	13,37	35,07	20,89	35,76	21,68
23	148,47	160,56	155,8	83	76,03	57,93	76,56	35,84	57,86	38,02	93,61	63,18
24	154,01	214,16	120,64	53,33	48,97	34,69	32,08	21,71	49,84	27,22	58,59	56,94
25	104,25	141,27	98,75	47,6	45,86	25,8	26	16,78	39,18	20,47	51,13	27,4
26	101,38	117,08	74,59	42,06	27,61	22,86	24,92	12,73	32,54	19,05	70,09	60,69
27	107,98	251,26	80,01	39	41,07	23,92	25,64	13,59	32,76	19,93	56,21	33,13
28	106,12	185,31	89,35	38,41	62,5	40,1	34,85	26,47	44,27	31,07	119,69	42,44
29	91,18		71,79	35,74	85,62	33,09	23,35	18,83	36,55	24,85	108,28	31,01
30	169,55		76,31	42,45	109,81	27,54	20,19	13,72	26,92	19,91	143,37	28,1
31	131,32		68,24		69,15		20,6	12,58		18,6		21,54

Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2010	1	168	205	184	221	434	106	45,7	28,1	29,6	63,3	114	138
	2	142	267	91	239	280	78,7	53,4	31,6	28,1	58,7	114	89
	3	134	142	112	225	233	123	48,5	29,5	28	49,8	82	59,5
	4	109	106	448	223	377	128	45,7	36,1	22,7	47,6	76	50,9
	5	99	146	317	189	263	169	48,2	37,2	29,4	39,5	103	48,8
	6	115	117	301	197	254	190	42,4	30,5	32,9	39,2	81	36,1
	7	140	143	193	209	213	174	30	26,7	22,2	38,3	88	37,1
	8	101	173	206	290	202	111	30,2	31,5	21,7	40	104	49,1
	9	77,7	207	194	285	128	95	26,7	38,6	23,2	34,1	161	34,5
	10	78,8	185	227	185	122	74,3	25,9	39,7	27	16,6	191	29,2
	11	103	111	114	193	100	63,9	26,5	29,9	22,7	17,2	233	54,4
	12	126	73,2	111	200	89	63,5	26,5	36,9	21	27,6	302	140
	13	112	218	326	173	88	75	31,5	34,2	21	22,7	192	193
	14	91	137	508	156	101	57,6	37	29,6	31,7	31,8	227	217
	15	47,7	131	319	197	123	59,5	31,2	31,7	32,2	77	316	191
	16	43,7	63,1	282	308	139	52,7	26,7	25,4	38,9	67,4	485	125
	17	39,2	74,1	211	258	125	60,3	25,2	25,8	42,6	56,8	313	91
	18	139	124	122	564	154	75,9	26,5	23,1	35,9	144	243	77

	19	146	154	141	366	154	152	28,6	27,1	65,7	230	220	79
	20	143	199	158	300	253	142	30,1	46,6	39,4	198	221	90
	21	133	347	226	234	236	127	25,3	40	39,1	120	214	48,6
	22	126	184	181	230	300	65,1	27,2	36,5	42,6	68,9	189	42,6
	23	91	435	220	283	217	81,1	36	31,9	36,7	50,1	368	40,7
	24	81,3	358	110	280	222	85	25,6	29,5	44,3	61,1	242	44,9
	25	90	322	148	228	197	71	26,5	26,7	39,4	20,5	227	40,8
	26	95	276	319	219	140	71,4	27,9	32,3	40	24	209	37,3
	27	76,6	400	252	313	103	58,3	25,9	29,6	46,3	79	204	39,6
	28	117	276	285	239	95	46	24,5	26	54	112	189	21,6
	29	101		324	213	115	55,6	26,5	30	52,4	138	203	84
	30	179		401	141	118	52,5	29,3	37,7	54,3	154	173	70,4
	31	195		224		119		32,4	38		165		42,6
Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2011	1	63,4	253	135	385	129	48,4	74,8	69,8	23,1	27,6	57,5	203
	2	113	292	165	374	197	66,4	44	81,1	23,7	31,1	102	228
	3	127	260	169	376	445	79,6	43,5	73,4	24,9	25,2	63,6	311
	4	106	402	190	378	300	158	47,5	50,3	31,1	28	63,4	226
	5	148	360	181	391	225	148	38,4	51,9	27	59,3	54,3	228

6	216	351	131	347	192	116	48,9	36,3	22,2	61,5	71,1	198
7	216	399	123	372	144	103	41,4	24,9	24,2	96	81	74,5
8	227	425	103	305	103	115	39,6	20,1	24,9	117	122	65,4
9	299	525	120	277	162	144	49	19,9	23,2	115	100	58,8
10	405	429	137	252	136	235	51,1	19,9	24,3	114	67,7	56,6
11	322	427	134	325	108	182	39,2	19,9	24,9	88,6	47,1	60,1
12	294	320	557	322	103	136	50,6	30,8	24,9	95	83	59,8
13	238	287	264	317	78,9	123	55,4	26,5	23,2	49,6	95	58,5
14	186	261	220	283	74,8	140	52,2	19,6	24,3	53,3	36,9	58,9
15	100	250	207	154	55,1	252	55,5	18,8	26,7	44,1	71,7	61
16	133	293	284	232	54,3	275	51,3	21,1	23,3	53,9	108	61,5
17	103	268	247	358	50,4	194	41,4	25,5	23,7	54,3	171	75,3
18	93	294	219	339	65,5	96	39,6	20,1	24,9	52	268	62,9
19	165	303	177	231	89,9	83,5	55,8	21,8	33,1	89,3	271	62,8
20	161	252	217	139	86,7	86,3	51,4	20	36,8	100	241	65,8
21	118	239	209	132	91	96	64,5	19,9	27,2	106	195	63,7
22	401	251	125	106	55,8	132	97	19,3	28,7	126	96	59,7
23	252	212	107	94	72,2	105	64,5	18,8	29,4	113	79	53,6
24	312	169	166	107	74,9	91	72,7	19,3	34,6	191	68,5	48,3

	25	205	152	367	204	55,2	75,6	70,1	18,8	31,5	204	54,1	45,5
	26	237	198	347	273	54,3	66,5	74,9	19,9	32,7	224	100	41,5
	27	366	169	211	247	44,2	70,8	86	19,9	32,7	139	75	51,2
	28	528	151	437	119	89	95	69,7	18,2	34,8	106	38,2	42,4
	29	322		481	98	80,5	91	40,7	19,8	40,4	106	27,1	95
	30	304		399	89	58	73,6	37,3	17,7	45,8	76,3	27	127
	31	298		389		65,8		40,9	17		86,5		103
Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2012	1	441,05	398,49	351,03	488,85	120,9	81,29	56,32	52,44	31,63	25,39	20,5	143
	2	397,6	361,54	243,99	425,83	126,84	72,68	50,44	42,84	34,25	45,81	23,6	94
	3	310,54	273,27	252,89	345,87	129,35	88,94	66,69	44,5	33,75	44,1	20,58	64,5
	4	181,97	641,17	248,68	307,99	125,08	83,83	73,53	48,82	32,09	25,89	16,25	55,9
	5	284,16	470,59	226,88	597,29	137,83	67,37	50,66	43,14	32,08	17,99	22,63	53,8
	6	292,1	428,16	197,15	498,38	225,9	75,56	49,53	47,02	30,97	21,77	21,35	41,1
	7	232,94	443	192,56	353,21	125,3	84,18	57,38	43,62	31,57	27,77	18,42	42,1
	8	184,44	381,75	247,98	315,8	104,5	84,32	60,01	43,32	31,27	32,74	18,31	54,1
	9	190,63	579,5	238,64	259,06	110,92	78,09	54,57	46,76	31,12	20,51	23,52	39,5
	10	141,25	447,92	249,06	253,38	105,47	77,26	49,05	45,32	23,84	15,48	29,45	34,2
	11	119,94	380,25	337,71	221,38	258,1	71,92	59,13	45,56	19,46	16,88	33,66	59,4

12	118,88	346,09	397,59	229,11	328,7	61,85	51,27	51,28	24,57	19,9	29,85	145
13	202,54	310,06	403,48	263,68	287,04	57,23	47,25	41,57	28,23	23,19	23,98	198
14	210,52	603,37	286,89	233,8	255,92	72,24	40,71	47,05	24,33	15,14	21,38	222
15	270,25	479,58	413,46	217,39	95,34	63,98	33,41	44,18	25,72	16,75	19,72	196
16	282,03	405,05	403,45	338,17	108,54	72,11	60,18	59,21	23,74	17,74	25	130
17	243,43	386,12	223,67	462,59	119,67	61,75	69,9	56,66	30,05	18,85	28,63	96
18	314,77	342,31	218,44	426,82	109,28	62,96	66,08	58,61	27,13	19,69	29,65	82
19	264,42	535,63	353,9	514,61	129,33	65	55,94	46,19	28,93	19,96	31,24	84
20	301,83	387,04	455,66	500,23	117,86	59,54	55,35	41,59	25,26	18,81	26,65	95
21	461,83	582,64	550,07	326,67	85,17	68,08	63,57	41,26	29,55	18,72	29,56	53,6
22	549,3	489,42	476,31	297,8	72,83	55,94	55,34	40,25	31,42	13,58	28,65	47,6
23	481,81	362,8	322,41	234,46	79,62	55,25	49,29	33,56	29,52	10,16	35,87	45,7
24	435,04	318,46	392,19	204,04	72,23	55,07	59,43	40,48	21,94	13,61	36,17	49,9
25	483,22	345,58	343,64	247,86	71,7	60,93	49,16	40,63	17,35	15,83	29,95	45,8
26	481,31	283,42	281,91	192,57	71,47	54,96	50,24	41,13	25,3	16,08	29,69	42,3
27	460,25	293,33	242,67	154,18	67,47	57	43,25	41,46	29,76	11,47	31,58	44,6
28	417,87	380,03	592,57	128,02	70,84	51,97	42,55	45,25	21,44	17,01	33,57	26,6
29	388,87	385,05	426,78	95,19	55,3	45,95	47,4	41,52	25,06	15,38	48,88	89
30	881,08		342,46	127,22	71,52	53,64	41,57	39,89	21,89	13,4	27,38	75,4

	31	548,46		370,85		64,76		40,32	36,07		15,32		47,6
Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2013	1	126,14	140,34	65,41	134,53	112,1	64,63	54,03	45,72	25,2	33,02	56,24	173,18
	2	143,12	134,41	120,79	113,94	155,44	53,15	62,23	45,81	21,52	16,16	103,38	165,74
	3	127,18	98,09	166,96	103,28	102,32	46,08	64,8	44,7	19,81	15,89	67,86	127,38
	4	129,12	139,64	99,19	112,62	80,92	45,81	66,17	43,6	19,74	16,52	56,2	164,62
	5	137,15	158,09	175,92	98,54	79,23	51,28	46,63	45,72	18,86	29,51	51,28	325,87
	6	134,28	166,69	90,3	101,44	63,3	49,12	50,08	41,42	14,9	29,09	55,37	218,3
	7	69,49	171,28	66,84	99,7	57,78	47,89	45,99	38,37	16,08	29,03	50,82	285,58
	8	147,54	148,04	56,18	69,72	75,83	53,68	45,81	38,25	17,01	36,91	46,25	358,65
	9	111,04	173,74	116,54	100,55	102,79	47,6	48,89	35,21	19,63	30,67	48,38	382,23
	10	109,38	164,82	108,32	101,88	47,6	51,34	50,21	36,11	18,04	18,12	44,97	324,14
	11	98,33	151,45	90,83	99,71	52,06	57,11	45,99	37,13	19,67	22,66	46,72	221,26
	12	97,87	172,64	57,36	116,7	45,54	74,94	42,53	34,13	19,74	22,87	46,09	172,53
	13	97,87	161,78	79,43	133,12	50,86	58,07	43,51	31,34	17,16	28,98	26,69	178,41
	14	97,21	130,84	171,15	108,48	134,37	52,86	45,72	31,23	17,05	30,35	25,88	159,23
	15	85,56	94,41	169,39	99,93	87,45	46,08	38,55	28,42	19,63	26,93	27,29	152,41
	16	71,25	130,31	60,31	102,74	76,94	53,6	45,51	28,3	17,16	23,03	30,64	141,17
	17	76,35	85,42	35,49	98,14	67,19	48,09	56,88	24,88	17,05	14,64	31,75	82,55

	18	69,81	76,27	48	100,12	68,82	42,61	62,37	24,74	16,17	15,82	38,55	104,32
	19	58,06	74,28	59,54	100,21	58,03	45,67	54,27	24,74	17,01	15,88	210,79	116,74
	20	61,08	41,49	66,3	99,64	57,58	50,08	49,21	28,16	17,05	15,88	183,3	105,81
	21	176,9	54,4	52,41	107,81	56,3	52,58	52,53	31,11	13,92	17,54	192,09	120,2
	22	171,86	71,49	46,06	114,13	66,38	49,16	50,36	37,97	13,79	22,23	171,54	105,95
	23	80,38	114,26	47,14	82,9	66,8	47,89	43,82	35,21	16,47	22,85	193,4	112,55
	24	105,08	94,81	50,67	72,19	64,16	48,97	38,46	29,53	21,62	18,79	211,37	97,9
	25	51,21	141,49	63,91	70,44	62,46	59,56	41,11	29,3	20,88	15,99	279,02	108,3
	26	113,33	120,26	70,72	91,08	60,79	68,69	45,63	28,34	18,49	17,54	235,1	128,85
	27	125,74	56,07	104,79	1139,88	53,95	62,84	45,81	24,88	18,4	20,65	200,92	159,31
	28	112,96	41,32	141,86	84,47	57,42	60,1	45,81	26,3	13,97	18,71	184,27	118,95
	29	102,82		139,72	66,93	56,3	62,48	47,76	28,22	13,79	24,22	215,57	93,34
	30	90,2		126,87	67,58	53,77	56,8	45,89	26,44	13,79	32,09	184,57	93,96
	31	132,37		111,69		60,92		43,65	29,18		38,24		83,73
Th	Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
2014	1	148,98	156,02	636,99	163,29	90,12	363,6	71,73	71,17	50,12	60,57	44,17	168,66
	2	160,51	127,36	637,15	177,14	101,34	649,5	63,1	68,54	50,14	55,51	46,45	159,41
	3	142,32	126,2	637,31	185,15	80,1	455,15	62,53	69,06	49,44	52,72	44,34	228,37
	4	127,04	102,18	637,47	176,11	87,1	237,62	68,07	69,65	48,7	51,86	45,57	183,07

5	112,77	115,37	533,14	186,04	90,25	85,39	61,16	69,46	47,66	54,03	44,91	236,74
6	127,86	143,45	452,33	145,92	82,93	87,13	75,91	68,66	49,17	55,2	44,4	391,06
7	137,5	175,76	534,48	174,68	110,03	82,53	64,38	74,86	48,07	58,92	46,45	439,5
8	125,39	146,08	546,52	186,28	112,85	56,15	68,33	73,65	47,77	61,67	47,33	145,38
9	128,88	157,52	510,96	191,4	107,59	61,64	73,32	77,58	46,82	55,65	45,91	97,48
10	148,8	195,62	463,85	181,11	108,06	65,91	87,1	74,21	46,6	52,24	45,59	80,27
11	149,69	203	439,99	195,8	208,55	61,02	93,38	68,49	47,84	55,59	44,42	74,35
12	136,72	184,12	370,62	153,66	191,75	59,69	73,31	64,92	48,23	52,59	46,37	65,47
13	160,79	230,78	312,09	156,91	124,37	60,24	69,56	60,35	47,01	56,49	46,79	64,36
14	260,71	303,47	493,8	143,61	108,56	60,94	62,74	59,42	50,23	56,47	49,51	62,22
15	84,63	266,12	633,74	181,03	126,92	66,13	71,59	61,03	48,16	58	52,06	61,94
16	155,27	240,42	621,31	178,98	110,7	61,91	82,25	65,16	47,14	53,18	50,85	60,14
17	258	317,13	538,49	187,09	112,93	56,01	84,06	68,18	47,37	47,39	49	62,74
18	152,64	453,46	365,7	168,49	82,97	50,48	80,67	66,9	48,17	44,95	46,06	59,71
19	173,73	512,91	305,78	184,63	92,51	55,14	73,15	65,2	58,75	45,13	46,73	56,66
20	147,36	592,06	233,12	179,39	93,02	56,5	115,14	69,16	73,78	46,91	49,54	123,06
21	188,44	595,42	269,04	168,38	116,24	118,5	73,54	69,38	74,71	44,77	50,74	58,42
22	228,63	475,43	280,55	160,3	109,91	86,03	74,12	60,15	70,3	46,53	52,19	58,8
23	292,2	518,12	250,13	142,42	92,16	62,37	73,1	59,81	64,23	49,53	52,77	65,93

24	305,96	683,66	228,4	139,72	84,61	63,02	72,48	67,2	68,27	50,02	51,24	73,34
25	325,68	797,24	199,82	129,51	81,54	59,82	97,56	60,21	76,2	51,91	70,53	75,13
26	360,69	726,84	168,6	91,4	81,76	54,16	75,4	69,25	75,05	49,4	115,84	100,51
27	306,25	656,67	169,12	109,72	101,77	65,21	75,11	68,58	83,28	48,78	96,54	104,91
28	301,17	637,36	134,47	113,63	81,49	53,31	69,18	60,39	76,34	45,9	92,42	74,5
29	314,42		121,25	97,63	98,32	57,82	54,24	55,31	71,54	44,84	109,89	111,84
30	288,76		81,16	90,34	142,53	58,09	59,49	52,47	72,63	49,54	94,13	83,24
31	252,4		58,07		218,25		63,18	50,6		44,56		118,84

(Sumber Data: *Dinas Pengairan Provinsi Jawa Timur*)

LAMPIRAN 8

DATA DEBIT IRIGASI HARIAN DESA JATIMLEREK JOMBANG

Jan	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	3,54	3,54	3,276	4,791	6,198	5,61	5,859	5,694	6,687	6,027
2	3,54	3,345	3,276	5,253	6,198	5,61	5,859	5,694	6,687	6,027
3	3,483	3,024	3,276	4,923	5,859	6,687	6,081	5,859	5,859	5,859
4	3,483	3,024	2,901	4,719	5,859	6,687	6,081	5,859	5,37	5,859
5	3,483	3,375	2,871	4,719	5,37	5,61	4,662	6,027	5,37	5,694
6	3,819	3,375	2,871	4,719	6,198	5,61	4,662	6,027	6,687	5,694
7	3,819	2,829	3,105	5,742	6,687	6,687	5,253	6,183	6,687	6,183
8	3,819	3,96	3,213	5,742	5,859	6,687	5,253	6,183	5,37	6,183
9	3,819	3,96	3,588	5,742	5,253	6,786	6,687	5,253	5,37	5,253
10	3,819	3,765	3,588	5,742	5,253	6,786	6,687	5,253	5,37	5,253
11	4,923	3,276	3,882	5,253	5,253	6,687	6,183	6,348	6,687	6,183
12	4,923	3,276	3,882	5,253	5,859	6,687	6,183	6,348	6,687	6,183
13	5,031	3,48	4,359	5,487	6,687	6,315	5,253	5,646	5,37	5,37
14	4,272	4,164	4,494	6,687	6,198	6,315	5,253	5,646	5,37	5,37
15	3,276	4,494	5,412	7,836	5,37	5,859	5,475	4,923	5,703	5,694
16	3,276	4,791	5,412	7,836	5,859	5,859	5,475	4,923	6,687	5,694
17	3,96	4,494	5,412	6,687	6,687	6,315	5,577	6,348	6,198	6,516
18	4,272	4,494	5,412	6,687	6,198	6,315	5,577	6,348	5,37	6,516
19	5,031	3,276	4,494	6,687	6,198	6,687	5,859	5,646	5,097	5,253
20	5,031	3,276	4,494	6,687	5,37	6,687	5,859	5,646	5,097	5,253
21	4,791	3,777	3,882	5,253	5,37	6,687	6,687	6,687	6,687	6,183
22	5,253	2,898	3,882	3,201	5,37	6,687	6,687	6,687	6,687	6,183
23	5,031	2,898	4,359	3,435	6,687	6,315	6,081	6,198	6,687	5,37
24	4,272	2,427	5,253	3,807	6,687	6,315	5,253	5,37	5,058	5,37
25	4,569	2,427	5,412	4,068	5,37	5,859	5,031	5,37	5,058	5,694

26	5,031	2,709	5,412	6,12	5,37	6,687	5,031	5,859	5,058	5,694
27	5,031	2,709	5,412	5,859	6,687	6,315	5,355	6,183	6,438	6,516
28	5,031	2,247	5,412	5,859	6,687	6,315	6,183	5,577	6,438	6,516
29	4,494	2,247	5,412	5,859	6,081	6,687	6,183	5,694	5,61	5,253
30	4,494	2,247	5,412	5,859	5,37	5,859	4,941	5,058	5,37	5,253
31	4,494	2,247	5,412	5,859	5,37	5,487	4,941	5,058	5,37	5,694
Feb	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	4,923	3,678	4,494	4,494	4,719	5,61	5,475	5,646	6,687	6,183
2	5,031	3,678	4,494	4,494	3,375	5,61	5,475	5,646	6,687	6,183
3	4,569	4,164	4,494	4,494	3,375	6,687	5,577	6,348	5,214	5,37
4	4,074	4,359	4,494	3,96	6,687	6,687	5,577	6,348	5,214	5,37
5	4,314	3,3	3,882	3,678	6,687	5,61	5,859	5,646	5,529	5,694
6	4,05	4,494	3,48	3,216	5,253	5,61	5,859	5,646	6,018	5,694
7	4,734	4,359	2,901	2,814	5,253	6,687	5,577	6,348	6,687	6,516
8	4,923	4,908	2,901	2,205	6,687	6,687	5,577	6,348	6,081	6,516
9	4,164	5,61	2,901	2,379	6,687	6,786	5,859	4,923	5,097	5,253
10	4,164	4,359	2,901	4,719	6,687	6,786	5,859	4,923	5,097	5,253
11	3,201	3,882	0,873	1,067	6,081	5,61	5,61	6,687	6,315	6,516
12	3,201	3,882	0,873	1,067	6,081	5,61	5,61	6,687	6,315	6,516
13	2,979	4,164	0,873	1,27	6,183	6,687	6,081	5,37	5,487	5,37
14	3,276	4,656	0,873	1,226	6,183	6,687	6,081	5,37	4,923	5,37
15	3,54	4,656	0,417	1,226	5,1	5,61	5,454	6,687	4,923	5,577
16	3,861	3,96	0,417	0	5,1	5,61	5,454	6,687	6,081	5,577
17	3,861	2,205	0,417	0	6,081	6,687	5,253	5,37	6,081	5,859
18	3,588	2,814	0	0,903	6,081	6,687	5,253	5,37	5,097	5,859
19	3,276	3,48	0	1,751	4,059	6,786	6,438	5,106	4,563	5,694
20	3,276	3,48	0	1,498	4,059	6,786	6,438	5,106	4,563	5,694
21	3,276	2,736	1,076	4,494	5,253	5,253	5,547	5,058	5,547	6,516
22	3,276	2,562	0,957	4,494	5,253	5,253	5,547	5,058	5,547	6,516

23	3,081	2,562	0,889	4,494	5,646	6,207	3,861	5,058	5,259	5,37
24	3,081	2,988	0,793	4,494	5,646	6,207	3,861	2,025	4,755	5,37
25	2,472	2,988	0,912	4,494	5,353	5,253	5,547	2,025	5,043	5,694
26	2,472	2,205	0,912	4,494	5,353	5,253	5,547	4,416	4,407	5,577
27	2,472	2,988	1,092	4,494	4,356	6,207	3,861	5,1	4,119	5,577
28	2,472	2,988	1,16	4,494	4,356	6,207	3,861	2,709	4,119	5,859
29	0	0	0	4,494	0	0	0	2,709	0	0
Mar	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	3,036	3,276	3,147	3,276	3,96	4,719	5,859	3,228	5,106	5,58
2	3,036	3,024	3,147	3,276	3,96	4,719	5,859	3,228	5,106	5,58
3	3,036	2,289	3,408	3,276	4,062	3,132	5,085	1,773	3,966	4,524
4	2,667	2,289	3,408	3,678	4,062	3,132	5,085	1,025	3,678	4,524
5	2,406	2,289	3,408	6,687	4,101	4,719	6,12	3,81	4,818	5,043
6	1,863	2,898	3,612	6,687	4,101	4,719	6,12	3,81	4,416	5,043
7	2,046	3,54	3,612	4,164	4,062	3,678	5,1	1,568	3,81	5,253
8	2,046	3,54	3,852	4,164	4,062	3,678	5,1	0	3,81	5,253
9	2,046	3,54	3,852	3,48	3,498	2,862	5,148	1,455	3,678	5,247
10	2,046	3,276	3,852	3,48	3,498	2,862	5,148	0	3,678	5,247
11	2,667	3,081	3,498	3,81	2,205	3,678	3,201	2,265	3,201	4,611
12	2,667	2,439	5,043	3,81	2,205	3,678	3,201	2,265	3,201	4,611
13	2,784	3,276	5,859	3,201	2,814	4,494	2,886	2,265	2,913	3,081
14	2,589	3,276	5,859	2,667	2,814	4,494	2,886	3,81	2,913	3,081
15	2,829	4,023	5,052	2,205	1,827	3,678	2,877	3,81	2,877	3,276
16	2,829	4,023	5,052	2,205	1,827	3,678	2,253	2,019	2,877	3,96
17	3,54	3,96	4,719	1,881	2,814	4,494	1,818	2,019	2,766	2,709
18	4,164	3,276	4,719	2,055	2,814	4,494	1,818	3,216	2,766	2,709
19	2,589	1,968	3,96	2,877	2,205	3,147	2,652	0	1,785	2,589
20	2,472	1,507	3,96	2,877	2,205	3,147	2,652	0	1,785	2,589
21	3,036	2,288	3,744	2,667	1,95	2,979	2,934	4,29	2,568	0,879

22	3,036	2,779	3,744	2,667	1,95	2,979	2,934	4,29	2,568	0,879
23	3,036	2,779	3,276	2,145	2,343	2,814	2,934	2,019	0,894	0,879
24	3,036	2,69	3,081	2,145	2,343	2,814	3,195	2,019	0,468	0,879
25	2,406	2,209	2,829	2,679	2,349	3,216	3,453	2,265	1,719	0,879
26	2,406	1,679	3,024	3,435	2,349	2,979	3,453	2,265	1,719	0,879
27	2,472	1,679	3,375	4,728	2,145	1,02	2,934	2,448	1,455	0,879
28	3,882	0,605	3,375	4,728	2,343	1,02	2,934	2,019	2,349	0,879
29	2,472	2,288	3,024	4,728	2,343	2,253	2,934	2,019	2,349	0,468
30	2,472	2,288	3,024	4,728	2,871	2,253	3,195	0	1,251	0,468
31	2,472	0,605	3,024	4,728	2,871	2,253	3,12	0	1,251	0,468
Apr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	2,289	2,379	3,882	3,675	3,807	3,276	5,769	5,271	1,719	0,879
2	2,523	2,379	3,882	3,675	3,807	3,276	5,769	5,271	1,719	0,879
3	0	1,881	3,96	3,675	4,677	3,09	4,167	4,692	2,253	0,879
4	0	1,881	3,96	3,066	4,677	3,09	4,167	3,678	2,253	0,879
5	0	1,881	3,483	2,667	4,548	3,276	3,807	4,563	2,253	0,879
6	0	1,305	3,483	2,145	4,548	3,276	3,807	5,097	1,524	0,879
7	0	1,038	4,341	2,145	4,947	3,201	4,167	4,791	1,524	0,879
8	0	1,038	4,341	2,349	4,947	3,201	4,167	4,791	1,524	0,468
9	0	0,879	3,3	3,48	5,1	4,851	3,807	3,678	1,719	0,468
10	0	0,879	3,3	3,48	5,1	4,851	3,807	3,678	1,719	0,468
11	2,472	1,521	2,205	2,667	5,1	5,1	7,575	6,621	4,494	0,879
12	2,472	1,446	2,205	2,871	5,1	5,1	7,575	6,825	4,494	0,879
13	2,667	1,446	1,503	2,871	5,097	6,12	7,326	6,825	5,097	1,524
14	2,901	1,305	1,503	4,164	5,097	6,12	6,786	6,825	4,368	1,524
15	2,667	1,827	1,827	4,494	5,1	5,397	6,786	7,155	3,765	0,879
16	3,36	1,827	2,439	5,487	5,1	5,397	7,035	7,389	3,96	0,879
17	3,36	1,503	3,276	5,487	5,61	3,81	7,035	7,389	4,719	1,257
18	3,048	0,879	3,276	5,487	5,61	3,81	7,575	7,389	4,719	1,257

19	3,048	0,879	2,814	4,494	5,1	5,859	7,968	7,155	3,765	1,719
20	2,853	0,879	0,789	4,494	5,1	5,859	7,968	7,155	3,765	1,719
21	2,379	1,968	3,036	5,253	5,859	7,035	7,761	6,081	5,487	5,94
22	2,379	1,968	3,447	5,253	5,859	7,035	7,761	6,081	5,487	5,94
23	2,379	1,827	2,841	5,253	6,081	6,723	7,389	6,171	4,728	6,252
24	2,667	1,944	2,679	5,811	6,081	6,723	7,389	6,171	4,494	6,528
25	2,901	2,085	3,285	5,811	6,687	7,035	7,761	5,742	5,253	6,528
26	2,988	1,986	3,642	5,025	6,687	7,035	7,761	5,742	4,818	5,487
27	2,988	1,986	3,642	4,416	5,547	7,473	7,389	5,877	3,918	3,678
28	2,988	2,205	3,642	3,285	5,547	7,473	7,389	5,877	3,918	3,96
29	2,988	2,379	3,642	3,547	6,081	7,035	7,761	5,646	4,494	4,494
30	2,379	1,608	3,642	3,547	6,081	7,035	7,761	5,646	4,494	4,494
Mei	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	2,829	2,988	6,974	2,667	6,081	6,081	6,687	5,547	6,786	7,428
2	3,276	2,988	6,081	2,871	6,081	6,081	6,687	5,547	6,786	7,428
3	3,276	2,379	5,547	4,494	5,859	5,859	6,687	5,97	6,318	7,428
4	2,736	2,379	4,878	4,791	5,859	5,859	5,646	4,383	6,318	6,528
5	2,736	2,205	4,878	5,487	3,96	6,252	5,646	4,383	5,208	6,528
6	2,205	2,205	4,878	4,728	3,96	6,252	6,687	3,96	5,208	5,376
7	2,884	2,472	5,082	3,201	4,719	5,859	6,687	3,96	6,081	5,376
8	2,832	2,148	3,96	4,494	5,859	5,859	6,687	4,923	6,081	5,376
9	2,832	1,881	3,96	4,164	5,1	6,081	5,412	4,923	5,547	4,83
10	2,832	1,881	3,96	4,164	4,494	6,081	5,412	4,923	5,547	4,83
11	2,411	1,446	6,081	5,253	4,791	5,397	6,516	4,383	5,895	6,609
12	2,411	1,446	6,081	5,587	4,791	5,397	6,516	4,383	5,895	6,609
13	2,748	1,881	5,52	5,587	5,859	4,494	6,516	5,97	6,429	5,61
14	2,748	1,881	5,52	5,025	5,859	4,494	6,516	5,547	6,429	5,61
15	2,748	1,881	6,969	4,493	4,791	4,356	6,315	5,547	5,208	5,376
16	2,901	1,503	6,969	3,276	4,791	4,356	6,315	4,923	5,208	5,376

17	3,48	2,667	6,081	3,276	2,379	6,183	6,183	4,923	6,081	5,376
18	3,48	3,024	5,208	3,276	2,379	6,183	6,183	4,923	6,081	4,719
19	2,667	3,408	5,742	3,276	5,859	4,791	5,577	3,96	5,547	4,719
20	2,667	1,881	5,208	3,276	5,859	4,791	5,577	3,96	5,547	5,031
21	2,871	2,76	1,751	5,61	5,253	4,818	6,504	5,031	5,031	5,253
22	2,871	1,533	1,751	5,148	4,494	4,818	6,504	5,031	5,031	5,253
23	3,228	1,533	1,677	4,791	5,1	5,397	6,504	4,569	5,031	4,851
24	3,345	1,533	1,677	2,679	5,1	5,397	4,941	4,356	5,142	4,851
25	3,345	2,845	1,853	2,145	4,353	4,728	4,941	4,059	5,142	5,76
26	3,276	3,642	1,067	4,407	4,353	4,728	4,941	3,861	3,96	4,869
27	3,336	3,849	1,067	5,298	4,818	4,818	6,504	4,62	3,96	3,96
28	2,667	3,849	1,067	5,61	4,818	4,818	6,504	5,031	5,355	4,272
29	2,145	4,974	1,067	4,719	4,353	5,1	6,504	4,272	5,355	4,272
30	2,349	4,974	0,889	4,719	4,494	5,1	4,941	4,059	4,662	4,407
31	2,349	2,814	0,889	3,036	5,1	5,1	4,941	4,059	4,662	4,407
Jun	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	3,276	1,768	2,667	2,913	5,859	4,791	4,416	5,733	5,142	5,253
2	3,201	2,427	3,276	5,487	5,859	4,791	4,416	5,733	5,142	5,253
3	3,435	2,025	3,276	5,253	4,791	4,818	6,687	5,733	5,142	4,851
4	3,552	1,416	3,276	5,253	4,791	4,818	6,081	4,257	5,547	4,851
5	4,167	2,142	4,494	4,611	4,101	5,397	6,081	4,257	5,547	5,76
6	3,54	2,142	4,494	4,611	4,101	5,397	5,859	4,164	5,751	4,869
7	3,96	1,251	2,667	2,679	4,791	4,494	5,859	4,164	4,164	3,96
8	3,96	1,907	2,667	2,679	4,791	4,494	5,859	4,164	4,164	4,272
9	3,48	1,092	2,145	5,253	4,101	5,397	6,438	4,257	3,96	4,272
10	3,48	1,092	2,145	5,253	4,101	5,397	6,438	4,257	3,96	4,407
11	2,679	0	2,706	5,253	4,494	5,61	6,438	5,397	4,923	4,851
12	2,679	0,963	2,706	5,61	4,494	5,61	6,438	5,397	4,923	4,851
13	3,276	0,963	3,276	5,61	3,819	4,074	6,687	5,253	4,164	4,494

14	3,498	0,963	3,276	3,036	3,819	4,074	4,416	5,253	3,96	4,494
15	3,498	1,37	4,164	3,036	4,719	5,61	4,416	4,431	4,719	4,941
16	3,498	1,197	4,164	5,61	5,859	5,253	6,081	3,969	5,142	4,407
17	2,877	1,382	2,201	5,253	5,1	4,494	6,081	4,791	4,458	4,407
18	2,679	1,533	2,205	4,941	4,494	4,494	5,859	4,494	4,458	4,272
19	2,679	1,494	2,205	4,941	5,859	5,61	5,859	3,672	4,719	4,272
20	2,679	1,533	2,205	4,941	5,859	5,61	5,859	3,672	4,719	4,272
21	1,305	1,056	3,276	2,913	5,859	4,791	6,816	4,257	3,795	4,851
22	1,305	0,913	3,276	2,913	5,859	4,791	6,816	4,257	3,795	4,851
23	1,305	1,902	3,276	5,742	4,356	5,859	6,438	1,6467	4,257	4,851
24	1,305	2,062	3,96	5,742	4,356	5,859	4,167	1,6467	3,879	4,941
25	1,305	2,391	4,923	5,742	5,859	4,356	4,167	4,746	3,417	4,941
26	1,305	2,652	5,253	5,19	5,859	4,356	6,438	4,257	4,062	4,407
27	2,814	2,577	4,494	5,19	3,777	5,859	6,198	3,879	3,765	3,96
28	2,814	2,427	3,48	2,679	3,777	5,859	5,61	2,061	3,12	4,272
29	3,276	2,76	3,48	2,679	4,611	4,494	5,61	1,65	3,417	4,272
30	2,145	2,856	3,276	5,577	4,611	4,494	5,61	1,65	3,006	4,272
Jul	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	2,244	2,568	3,96	4,719	4,719	4,719	3,879	5,475	3,765	4,851
2	2,244	2,568	3,96	4,719	4,719	4,719	3,879	5,475	3,765	4,851
3	2,244	2,662	3,96	4,641	4,611	4,383	4,707	5,088	3,417	4,851
4	2,043	2,701	4,164	4,641	4,611	4,383	4,707	3,39	3,417	4,494
5	2,043	2,307	4,494	3,036	4,818	4,719	3,879	2,427	3,795	4,941
6	2,043	2,391	4,461	3,036	4,818	4,719	3,879	3,468	3,795	4,407
7	1,827	2,265	3,678	4,719	4,059	4,458	3,12	4,818	4,257	4,407
8	2,652	2,307	3,678	4,719	4,059	4,458	3,12	3,879	3,879	4,272
9	2,652	2,265	3,678	4,851	4,719	4,719	3,879	0,411	3,417	4,272
10	2,652	2,391	3,678	4,851	4,719	4,719	3,879	0,411	3,006	4,272
11	2,436	2,067	3,96	3,96	3,12	4,719	1,827	3,879	3,582	4,851

12	2,03	2,427	0	2,145	3,12	4,719	1,827	3,879	3,582	4,851
13	2,577	2,381	0	2,145	4,257	4,383	1,827	3,879	3,558	4,851
14	3,082	2,427	0	3,96	4,257	4,383	1,827	2,157	3,558	3,588
15	2,766	2,568	0	3,96	3,12	4,719	1,608	2,157	3,558	4,719
16	2,693	1,773	2,427	3,54	3,12	4,719	1,608	3,879	3,879	4,719
17	2,205	2,025	0	3,408	2,157	4,53	1,608	3,879	4,341	5,253
18	3,397	1,734	0	3,408	2,157	4,53	1,608	3,468	3,468	5,253
19	1,827	2,142	0	2,145	2,709	4,719	1,092	2,709	3,006	3,678
20	2,205	2,652	0	2,145	2,709	4,719	1,092	2,709	3,006	3,678
21	2,838	1,563	3,276	3,276	1,827	1,305	1,603	0,411	2,898	3,96
22	2,314	1,563	0	3,276	1,827	1,305	1,603	0,411	2,898	3,96
23	2,457	1,789	0	3,081	1,827	1,827	1,603	0,468	2,577	3,276
24	1,719	1,902	0	3,081	1,827	1,827	1,603	0,468	3,261	2,814
25	2,436	1,865	0	2,667	0	1,305	1,035	0	3,582	3,945
26	2,436	2,025	0	2,145	0	0,894	0	0,411	3,03	4,212
27	1,305	1,773	2,427	2,145	0	1,416	0	0,411	2,157	4,524
28	1,305	1,416	2,427	2,814	1,608	1,827	1,035	0,879	2,157	4,524
29	2,145	1,416	2,709	2,814	1,608	1,827	1,035	0	2,157	4,524
30	1,719	2,025	3,468	2,472	1,608	1,305	1,035	0	1,968	3,39
31	1,719	2,025	3,468	2,472	1,608	1,305	0	0	1,968	3,39
Ags	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	1,827	2,58	4,719	3,081	0,411	1,02	0,411	0,879	2,898	1,827
2	1,827	1,785	4,257	2,145	0,411	1,02	0,411	0,879	2,898	1,827
3	1,827	1,563	4,257	2,145	0,94	1,02	0,879	0,879	2,577	0,879
4	1,827	1,455	3,96	3,081	0,94	1,02	0,879	0,879	1,968	0,879
5	1,935	1,251	3,96	3,081	1,305	1,02	0,894	0,879	1,416	1,827
6	1,935	0,873	4,164	2,814	1,305	1,02	0,894	0,879	1,416	1,827
7	1,935	2,46	4,164	3,078	0,879	1,02	0,94	0,879	2,07	1,827
8	2,436	2,025	4,461	3,345	0	1,02	0,472	0,879	2,07	0,879

9	2,436	2,289	4,257	2,145	0	1,02	0,411	0,879	1,968	0
10	1,827	1,773	4,257	2,145	0,879	1,02	0,879	0,879	1,416	0
11	2,436	1,773	3,189	2,667	0,879	0,879	0,954	0,879	1,038	0,879
12	2,055	1,65	3,189	2,667	0,879	0,879	0,954	0,879	1,038	0,879
13	2,055	1,773	3,189	2,667	0,879	0,879	0,954	0,879	0,879	0,879
14	2,055	1,534	3,189	3,081	0,879	0,879	0,954	0,411	0,948	0,879
15	1,968	1,056	3,189	3,081	0	0,879	1,015	0,879	0,48	0,879
16	2,202	1,056	3,189	1,95	0	0,879	1,015	0,468	0	0,879
17	2,061	1,056	3,189	2,145	1,366	0,879	0,954	0,879	0,879	0,879
18	2,061	1,056	3,189	2,667	1,366	0,879	0,954	0,411	0,879	0
19	2,379	1,056	3,189	2,667	0,879	0,879	0,543	0,879	0,411	0
20	2,379	1,152	3,189	2,667	0,879	0,879	0,543	0,879	0	0
21	1,644	1,056	0	0	1,305	0,954	1,305	0,954	0,879	0,879
22	1,968	1,295	0	0	0,879	0,954	0,879	0,954	0,879	0,879
23	1,827	1,896	0	0	0,879	0,954	1,305	0,411	0,879	0,879
24	1,827	1,896	0	0	1,305	0,954	1,305	0	0,468	0,879
25	1,827	2,157	0	3,081	1,305	0,954	1,305	0,468	0,468	0,879
26	1,446	1,896	0	3,081	0,879	0,954	0,879	0,879	0,411	0,879
27	1,446	2,025	0	3,765	0	0,954	0,411	0,879	0,411	0,879
28	1,179	1,896	0	3,96	0,879	0,954	0,468	0,879	0,879	0,468
29	1,179	0,521	0	3,96	0	0,954	0	0,954	0,879	0,468
30	1,827	1,785	0	3,276	0	0,954	0,411	0,954	0,879	0
31	1,038	2,391	0	3,276	1,305	0,954	1,305	0,954	0,879	0
Sep	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	1,827	3,201	0	3,276	1,305	0,954	1,503	0,468	0,879	0,879
2	0,879	3,435	0	2,667	1,305	0,954	1,503	0,468	0,879	0,879
3	0,879	3,216	0	2,472	0,879	0,954	1,401	0,411	0,879	0,879
4	0,879	3,609	0	2,472	0,879	0,954	1,401	0,411	0,468	0,879
5	1,305	3,609	0	3,54	0	0,954	1,462	0,879	0,468	0,879

6	1,305	3,609	0	3,54	0	0,954	1,564	0,879	1,038	0,879
7	1,827	3,81	0	1,683	1,305	0,954	1,503	0,879	1,038	0,879
8	1,827	4,923	0	1,683	1,305	0,954	1,401	0,879	0,879	0,468
9	1,305	4,719	0	3,081	0,879	0,954	0,99	0,879	0,948	0,468
10	1,305	4,719	0	3,081	0,879	0,954	0,99	0,879	0,948	0,468
11	2,379	0	3,189	3,081	0,879	0,954	1,503	0,879	0,468	1,827
12	2,988	0	0	3,081	0,879	0,954	1,503	0,879	0,468	1,827
13	2,814	0	0	1,95	1,305	0,954	1,038	0,879	1,107	1,827
14	2,205	0	0	1,95	1,305	0,954	1,107	0,411	1,107	0,879
15	1,968	0	0	2,205	1,305	0,954	1,896	0,879	0,879	0,879
16	1,968	0	0	2,667	1,305	0,954	1,827	0,468	0,879	0,879
17	1,749	0	0	2,343	1,305	0,954	1,503	0,879	0,879	0,879
18	1,608	1,036	0	2,343	1,305	0,954	1,503	0,411	0,879	0,468
19	1,608	3,276	0	2,205	0	0,954	0,627	0,879	0,879	0,468
20	1,608	3,276	3,189	2,205	0	0,954	0,627	0,879	0,879	0,468
21	1,683	3,309	3,189	2,205	1,305	0,954	1,503	0,879	1,038	1,827
22	1,683	3,309	0	3,276	1,305	0,954	1,503	0,879	0,879	1,827
23	1,305	2,988	0	3,276	1,827	0,954	1,401	0,468	0,879	1,827
24	1,305	2,898	0	1,881	1,827	0,954	1,401	0,468	0,879	0,879
25	1,305	3,03	0	1,521	1,305	0,954	0,99	0,411	0,468	0,879
26	1,305	2,946	0	1,521	0	0,954	1,092	0,411	0,468	0,879
27	1,02	1,827	0	1,521	0	0,954	1,564	0,879	0,948	0,879
28	1,257	1,827	0	2,472	1,305	0,954	1,462	0,879	0,879	0,468
29	1,257	2,205	0	2,472	1,305	0,954	1,401	0,879	0,879	0,468
30	1,257	2,205	3,189	2,472	1,305	0,954	1,401	0,879	0,879	0,468
Okt	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	3,276	3,48	3,261	2,472	1,305	0,954	1,305	0,468	0,468	1,827
2	3,276	3,48	3,261	2,472	1,305	0,954	1,305	0,879	0,468	1,827
3	3,276	3,024	3,261	2,901	0	0,954	0,411	0,411	0,879	1,827

4	3,276	3,024	3,261	2,901	0	0,954	0	0,879	0,879	0,879
5	0,468	2,472	3,261	2,205	1,827	1,212	1,416	0,879	0,543	0,879
6	1,416	2,472	1,598	2,205	1,827	1,212	1,416	0,468	0,543	0,879
7	1,416	2,646	1,598	2,148	1,305	0,954	1,401	0,468	0,468	0,879
8	1,416	2,646	1,598	2,148	1,305	0,954	1,401	0,879	0,468	0,468
9	1,416	2,646	1,598	1,305	1,968	0,954	1,416	0,879	0,879	0,468
10	1,968	2,646	1,598	1,305	1,968	0,954	1,416	0,879	0,879	0,468
11	0,552	2,16	3,261	1,305	1,305	0,954	1,416	0	0,954	1,827
12	1,416	2,379	3,261	2,148	1,305	0,954	1,416	0,468	0,954	1,827
13	1,416	2,205	3,261	2,148	1,305	0,954	1,47	0,879	0,468	1,827
14	1,416	1,986	3,261	2,667	1,305	0,954	1,47	0,879	0,468	0,879
15	1,416	1,986	3,261	2,667	1,305	1,212	0	0	0,468	0,879
16	1,416	2,468	3,261	2,667	1,305	1,212	0	0	0,879	0,879
17	0,552	2,472	3,261	2,379	0	0,954	1,416	0,879	0,879	0,879
18	0,552	2,16	3,261	2,613	0	0,954	1,416	0,879	0,468	0,468
19	0,552	2,16	3,261	2,901	2,205	0,954	1,374	0,879	0,468	0,468
20	0,552	2,16	3,261	2,712	2,205	0,954	1,374	0,468	0,468	0,468
21	0,894	2,379	3,126	2,712	1,683	0,954	0,894	0,879	0,879	1,416
22	0,894	2,379	3,126	2,307	1,683	0,954	0,894	0,879	0,879	1,416
23	0,894	2,379	3,126	2,307	0,879	0,954	0,894	0,879	0,468	0,468
24	0,705	2,16	3,126	2,349	0,879	0,954	0,468	0	0,468	0,468
25	0,705	1,986	3,126	2,349	0,879	1,212	0,468	0	0	0,468
26	0,894	2,205	3,126	2,125	2,145	1,212	0,879	0,954	0,411	0,468
27	0,894	2,361	1,833	2,307	2,145	0,954	0,411	0,954	0,879	0,468
28	0,894	2,253	1,833	2,511	2,205	0,954	0	0,879	0,879	0,468
29	0,894	2,253	1,833	2,511	2,205	0,954	0	0,879	0,468	0
30	0,894	1,881	1,833	3,09	2,145	0,954	0,894	0,543	0,468	0
31	0,705	1,881	1,833	3,09	2,145	0,897	0,894	0,543	0	0
Nov	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014

1	0,468	2,814	3,276	3,09	1,257	3,81	0,954	3,201	0	2,667
2	0,894	2,814	3,276	3,09	1,257	3,81	0,954	3,201	0	2,667
3	0	2,814	3,276	2,667	2,145	3,024	0,954	3,216	0,468	2,472
4	0	2,898	3,276	3,276	2,145	3,024	0,954	3,216	0,468	4,212
5	0	2,898	3,276	3,81	1,683	3,807	0,954	3,201	0,468	4,212
6	0	2,898	3,276	3,201	1,683	3,807	0,954	3,201	0,468	3,276
7	0	3,03	3,276	2,667	2,145	3,024	0,954	2,547	0,468	3,276
8	0	2,601	3,276	2,307	2,145	3,024	0,954	2,547	0	2,472
9	0	2,601	3,276	3,558	2,145	4,164	0,954	2,877	0,468	2,472
10	0	2,601	3,276	3,558	2,145	4,164	0,954	2,877	0,468	2,472
11	0,894	3,276	2,814	4,167	4,212	3,588	5,253	4,851	1,431	3,807
12	0,894	3,548	2,988	4,167	4,212	3,588	5,253	4,851	1,431	3,807
13	1,092	3,744	3,765	5,1	3,96	4,818	4,871	3,96	1,431	3,807
14	0,552	3,744	4,719	5,1	3,96	5,1	4,851	3,276	1,431	5,94
15	2,289	4,164	4,494	5,085	4,818	5,769	5,61	3,8	1,62	5,94
16	2,289	4,494	4,494	5,085	4,818	5,085	5,253	4,074	1,62	4,044
17	0,552	4,494	3,795	6,12	3,96	6,687	4,641	3,54	1,818	4,044
18	0,873	4,494	3,795	6,12	3,96	6,687	4,641	3,54	1,818	4,044
19	0,552	4,494	3,498	5,397	4,818	5,814	5,61	3,699	1,719	2,391
20	0,411	4,494	3,498	5,1	4,818	5,814	5,61	3,699	1,719	2,391
21	0,411	4,212	3,96	5,1	6,528	5,1	7,575	5,811	3,558	3,807
22	0,894	4,212	3,96	5,361	6,528	5,1	7,575	5,811	3,558	3,807
23	0,894	4,164	4,914	5,079	6,498	5,37	6,903	5,487	3,339	4,809
24	0,894	4,728	4,452	5,079	6,498	5,37	6,903	4,923	2,982	4,809
25	0,894	3,669	4,452	5,085	6,528	5,397	7,575	5,58	5,253	4,809
26	0,894	4,494	4,914	5,085	6,528	5,397	7,575	5,91	5,253	4,044
27	0,411	4,359	4,914	5,361	6,687	4,677	7,653	5,253	5,487	2,019
28	0,411	4,908	4,914	5,361	6,687	4,677	7,653	5,253	3,216	2,019
29	0,894	5,61	4,914	4,818	7,257	5,859	7,575	5,247	2,448	0

30	0,894	4,851	4,914	4,818	7,257	5,859	7,575	5,247	3,276	0
Des	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	0	4,734	4,461	5,859	5,397	7,212	7,047	6,786	8,619	5,646
2	0	4,881	4,461	5,61	5,397	7,212	7,047	6,786	8,43	5,646
3	0	4,881	4,164	6,438	5,769	6,315	6,948	5,859	8,808	3,96
4	0	4,605	4,164	6,816	5,769	6,315	6,948	5,859	8,139	3,96
5	0	4,605	4,851	6,609	6,066	7,212	6,183	6,438	8,139	4,494
6	0	4,734	4,851	6,609	5,397	7,212	6,183	6,438	7,95	5,253
7	0,789	4,593	5,397	7,356	6,066	6,315	6,948	6,687	8,211	5,253
8	0,789	4,725	5,148	7,356	6,066	6,315	6,948	5,859	8,211	3,276
9	0,789	4,725	5,148	5,988	7,032	7,212	6,879	5,61	8,4	3,276
10	0,963	4,866	5,148	5,988	7,032	7,212	6,879	6,099	8,4	2,025
11	0,411	4,494	3,96	6,816	6,528	5,253	5,988	6,438	7,923	8,619
12	0,411	4,494	3,96	6,816	6,528	5,253	5,988	6,438	8,292	8,619
13	0,411	5,025	4,719	6,438	6,438	5,646	6,438	6,099	8,292	8,619
14	0,789	5,025	4,257	6,438	6,438	5,646	6,438	6,348	7,95	7,575
15	0,789	4,791	3,672	6,438	5,859	6,687	5,61	6,858	7,95	7,575
16	0,411	4,791	3,678	6,786	5,859	5,859	5,61	6,609	6,948	7,575
17	0,411	4,494	3,678	6,546	6,708	5,253	6,198	6,609	6,948	7,203
18	0,963	4,494	4,494	6,438	6,708	5,91	6,438	6,348	6,948	6,84
19	0,963	4,494	3,96	6,438	5,859	6,516	6,438	6,348	7,653	6,84
20	0,789	4,791	4,257	6,438	5,859	6,516	5,61	6,198	7,653	6,84
21	4,164	4,494	4,212	6,438	7,512	6,687	5,37	6,198	5,37	7,923
22	6,561	4,494	4,212	6,438	7,512	6,687	5,37	6,198	5,37	7,923
23	2,979	4,494	4,494	6,438	7,512	4,407	6,687	6,687	6,687	7,566
24	5,175	4,272	5,355	6,348	6,963	4,407	6,687	5,859	6,687	7,566
25	2,988	3,213	5,355	6,348	7,512	5,892	6,198	5,61	5,37	6,099
26	2,184	3,213	5,031	5,859	7,512	5,892	5,37	5,61	5,37	6,099
27	6,516	0,879	4,494	6,546	7,512	5,892	5,859	6,438	6,687	6,438

28	5,811	0,879	4,494	6,786	6,963	6,687	6,516	6,198	6,687	6,438
29	3,252	0,879	4,494	6,438	7,512	6,687	5,91	6,198	5,253	6,687
30	4,164	0,879	4,494	6,198	7,512	4,407	5,37	5,298	5,37	6,348
31	4,164	0,879	4,494	6,198	6,963	4,407	5,37	5,61	6,198	6,348

(Sumber Data: *UPT. Pengairan Daerah Irigasi Jatimlerek Jombang*)

LAMPIRAN 9

HASIL PERHITUNGAN RENCANA ANGGARAN BIAYA PLTMH

No.	Uraian Pekerjaan	P	L	H	B	t	A	K	Jml	Sat	Vol	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. Pekerjaan Konstruksi Sipil													
I.	Pekerjaan Persiapan												
1	Pembersihan Lapangan dan Perataan	2050	25							m2	51250	Rp 7.950,00	Rp 407.437.500,00
2	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	2050								m1	2050	Rp 126.611,90	Rp 259.554.395,00
3	Mobilisasi dan Demobilisasi								1			Rp 2.061.950,00	Rp 2.061.950,00
4	Kantor Direksi	5	5							m2	25	Rp 1.817.248,00	Rp 45.431.200,00
Sub Total													Rp 714.485.045,00
II.	Pekerjaan Intake												
1	Galian Tanah	3	5	3						m3	45	Rp 65.199,39	Rp 2.933.972,55
2	Timbunan Tanah	0,5	5	3						m3	7,5	Rp 171.937,23	Rp 1.289.529,23
3	Pintu Intake + Stang Pintu								3	bh	3	Rp 8.288.000,00	Rp 24.864.000,00

4	Cor Beton K250 (pilar)	1,5	0,5	3					2	m3	4,5	Rp 889.889,52	Rp 4.004.502,84
5	Trash Rack			3	3				2	m2	9	Rp 597.110,18	Rp 5.373.991,62
6	Pasangan Batu Kali			3	5	0,5				m3	7,5	Rp 593.931,97	Rp 4.454.489,78
7	Plesteran		5		5					m2	25	Rp 35.213,80	Rp 880.345,00
8	Cat Anti Karat (pintu)			2	1,5				3	m2	9	Rp 22.980,00	Rp 206.820,00
Sub Total													Rp 44.007.651,01
III.	Pekerjaan Bak Pengendap Sedimen												
1	Galian Tanah		63	5	7					m3	2205	Rp 65.199,39	Rp 143.764.654,95
2	Timbunan Tanah		63				3,3			m3	207,9	Rp 171.937,23	Rp 35.745.750,12
3	Beton K250		63				3			m3	189	Rp 1.142.249,61	Rp 215.885.176,29
4	Pasangan Batu Kali	2,75	63			0,3				m3	51,975	Rp 593.931,97	Rp 30.869.614,14
5	Plesteran		63					16		m2	1008	Rp 35.213,80	Rp 35.495.510,40
Sub Total													Rp 461.760.705,90
IV.	Pekerjaan Saluran Pengarah												
1	Galian Tanah		1900	6	2,6					m3	29640	Rp 65.199,39	Rp 1.932.509.919,60
2	Timbunan Tanah		1900						18,62	m3	35378	Rp 171.937,23	Rp 6.082.795.322,94

3	Pasangan Batu Kali		1900				1,68			m3	3192	Rp 561.456,64	Rp 1.792.169.594,88
4	Plesteran		1900					10,85		m2	20615	Rp 35.213,80	Rp 725.932.487,00
Sub Total													Rp 10.533.407.324,42
V.	Pekerjaan Bak Tampungan												
1	Galian Tanah		36	5	18					m3	3240	Rp 65.199,39	Rp 211.246.023,60
3	Pasangan Batu Kali		36				8,4			m3	302,4	Rp 561.456,64	Rp 169.784.487,94
4	Plesteran		36					28		m2	1008	Rp 35.213,80	Rp 35.495.510,40
5	Trash Rack			4,5	18				4	m2	81	Rp 597.110,18	Rp 48.365.924,58
Sub Total													Rp 464.891.946,52
VI.	Pekerjaan Pipa Pesat												
1	Galian Tanah		30				2,21			m3	66,3	Rp 65.199,39	Rp 4.322.719,56
2	Timbunan Tanah		30				0,25			m3	7,5	Rp 171.937,23	Rp 1.289.529,23
3	Pipa Pesat (mild steel)		30						3	m1	90	Rp 3.523.301,79	Rp 317.097.161,10
4	Pasangan Batu Kali					1,5	3,26		19	m1	92,91	Rp 1.398.650,00	Rp 129.948.571,50
5	Pengelasan dengan las listrik							10,68	19	cm	202,92	Rp 5.074,10	Rp 1.029.636,37
Sub Total													Rp 453.687.617,75

VII.	Rumah Turbin											
1	Galian Tanah	10	6	10					m3	600	Rp 65.199,39	Rp 39.119.634,00
2	Beton K250 (pondasi)	10	6	10					m3	600	Rp 593.931,97	Rp 356.359.182,00
3	Kolom beton bertulang (150kg besi + bekisting)			5			0,023	12	m3	1,35	Rp 5.953.011,03	Rp 8.036.564,89
4	Sloof beton bertulang (200 kg besi + bekisting)						0,003	12	m3	0,0405	Rp 4.624.034,03	Rp 187.273,38
5	Balok beton bertulang (200 kg besi + bekisting)	10					0,025	7	m3	1,75	Rp 6.236.291,03	Rp 10.913.509,30
6	Pasangan Batu Bata Merah 1 Pc : 3 Ps						300		m2	300	Rp 200.152,00	Rp 60.045.600,00
7	Plesteran dan acian 1:3						300		m2	300	Rp 59.770,92	Rp 17.931.276,00
8	Kusen Pintu Meranti						0,063	3	m3	0,1875	Rp 8.764.070,00	Rp 1.643.263,13
9	Daun Pintu Klamp Meranti Pintu						1,8	3	m2	5,4	Rp 404.098,00	Rp 2.182.129,20
10	Pasangan Engsel Pintu							6	bh	6	Rp 46.586,75	Rp 279.520,50

11	Pasangan Kunci Pintu								3	bh	3	Rp 159.149,00	Rp 477.447,00
12	Pasangan Grendel Pintu								3	bh	3	Rp 40.786,75	Rp 122.360,25
13	Kusen Jendela Meranti						0,09		4	m3	0,36	Rp 8.764.070,00	Rp 3.155.065,20
14	Jendela Kaca Papan Kayu Meranti						1		4	m2	4	Rp 400.311,60	Rp 1.601.246,40
15	Pasangan Engsel Jendela								8	bh	8	Rp 33.024,50	Rp 264.196,00
16	Pasang grendel jendela								8	bh	8	Rp 25.124,50	Rp 200.996,00
17	Pemasangan teralis besi 5x3 mm untuk jendela						1		4	m2	4	Rp 467.225,80	Rp 1.868.903,20
18	Ventilasi	1	0,5						5	m2	2,5	Rp 121.056,34	Rp 302.640,85
19	Pemasangan Kuda-kuda Kayu Meranti									m3	1,53	Rp 7.882.660,00	Rp 12.060.469,80
20	Pasang Atap Genteng						237			m2	237	Rp 44.184,00	Rp 10.471.608,00
21	Pemasangan Titik Lampu								5	titik	5	Rp 135.775,00	Rp 678.875,00
22	Pemasangan Stop Kontak								3	titik	3	Rp 149.190,00	Rp 447.570,00
23	Pemasangan								3	titik	3	Rp 160.490,00	Rp 481.470,00

	Saklar Ganda												
24	Pemasangan Pagar Besi	15	10							m2	150	Rp 670.589,35	Rp 100.588.402,50
25	Pemasangan baut angker baja								21,5	kg	10	Rp 21.915,00	Rp 219.150,00
26	Pasang pintu pagar besi								2	m2	2	Rp 863.351,87	Rp 1.726.703,74
Sub Total													Rp 631.365.056,34
B. Pekerjaan Mekanikal Elektrikal													
1	Turbin Kaplan								3	set			Rp 500.000.000,00
2	Generator												
3	Bearing V Belt												
4	Panel-panel												
Sub Total													Rp 1.500.000.000,00
C. Pekerjaan Transmisi dan Distribusi													
1	Tiang Beton			6					30		30	Rp 450.000,00	Rp 13.500.000,00
2	Kabel Twisted	200							30	m	6000	Rp 35.500,00	Rp 213.000.000,00
3	Erection								30		30	Rp 65.000,00	Rp 1.950.000,00
4	Aksesoris								30		30	Rp 215.000,00	Rp 6.450.000,00

Sub Total	Rp 234.900.000,00
Biaya Total	Rp 15.038.505.346,93
Biaya PPn (10%)	Rp 1.503.850.534,69
Biaya Total Setelah PPN	Rp 16.542.355.881,63
Biaya Pembulatan	Rp 16.550.000.000,00

(Sumber: *Perhitungan*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Martha Kurniawan. 2010. **Studi Kelayakan Perencanaan PLTMH di Saluran Turitunggorono Pada Bendung Gerak Mrican Kediri.**
- Anggrahini. **Hidrolika.** Jakarta.
- Apriadi Ali Ramadhan, Arie Al-Asyari. 2013. **Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro Di Sungai Logawa, Kabupaten Banyumas.**
- Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Jombang Bidang Sumber Daya Air. 2014. **Harga Satuan Pokok Kegiatan.**
- Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi. 2008. **ESDM, Pedoman Teknis Standarisasi Peralatan dan Komponen PLTMH.**
- Direktorat Jenderal Pengairan. 2010. **Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02.** Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pengairan. 2010. **Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04.** Jakarta.
- Febriansyah, Joko Windarto. 2009. **Kapasitas dan Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan PLTM di Sungai Damar.** Semarang.
- Nan Ady Wibowo. 2009. **Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Wamena Di Kabupaten Jayawijaya Provinsi Papua.**
- Patty, O.F. 1995. **Tenaga Air.** Erlangga, Jakarta.
- Rahmat Ramadhany Aprilianto, Achmad Fungkas. 2012. **Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Karangtalun, Kabupaten Temanggung.**
- Retno Indryani, Ir. **Studi Kelayakan Finansial.** Surabaya.
- Soedibyo. 2003. **Teknik Bendungan.** PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Soekibat, Ir. 2010. **Sistem Dan Bangunan Irigasi.** Surabaya.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. **Hidrolika II.** Jakarta.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Magelang pada tanggal 12 Mei 1993, merupakan anak pertama dari 1 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu MI Malik Ibrahim Gresik, SMPN 2 Gresik, dan SMAN 1 Kebomas Gresik. Setelah lulus dari SMAN 1 Kebomas Gresik pada tahun 2011, Penulis mengikuti SNMPTN Undangan jalur Bidikmisi dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP – IITS yang terdaftar dengan NRP 3111100014.

Di Jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Hidroteknik. Penulis juga aktif sebagai panitia yang diselenggarakan oleh HMS dan Jurusan. Penulis juga mengikuti berbagai seminar dan pelatihan yang diadakan di Jurusan, Institut, maupun luar Institut yang berkaitan dengan dunia ketekniksipilan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”